

Centre National d'Études Agronomiques des Régions Chaudes
École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier
Service de Coopération et d'Action Culturelle de Tananarive

RESTAURATION DE LA CELLULE DE VEILLE ACRIDIENNE DANS L' AIRE GREGARIGENE DU CRIQUET MIGRATEUR MALGACHE

BETIOKY

AVRIL – SEPTEMBRE 1999

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
du DAA Protection des Plantes et Environnement
et du diplôme d'ingénieur d'agronomie tropicale

Rapport soutenu le 17 décembre 1999

à Montpellier (France)

Par Alex FRANC

Directeur du jury : M. BETHUNE
(CNEARC)

Membres du jury : M. LECLANT
(ENSAM)
M. DURANTON
(CIRAD)
M. ROLLIN
(CIRAD)

Centre National d'Études Agronomiques des Régions Chaudes
École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier
Service de Coopération et d'Action Culturelle de Tananarive

RESTAURATION DE LA CELLULE DE VEILLE ACRIDIENNE DANS L' AIRE GREGARIGENE DU CRIQUET MIGRATEUR MALGACHE

BETIOKY

AVRIL – SEPTEMBRE 1999

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
du DAA Protection des Plantes et Environnement
et du diplôme d'ingénieur d'agronomie tropicale

Rapport soutenu le 17 décembre 1999
à Montpellier (France)

Par Alex FRANC

Directeur du jury : M. BETHUNE
(CNEARC)
Membres du jury : M. LECLANT
(ENSAM)
M. DURANTON
(CIRAD)
M. ROLLIN
(CIRAD)

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier tous les malgaches qui œuvrent pour la diminution du fléau acridien à Madagascar. Le travail et les échanges permanents sur le terrain avec les techniciens de la DPV a été un grand plaisir, je tiens à les remercier tout particulièrement de leur accueil. Mes remerciements vont aussi aux cadres administratifs basés à Tananarive.

Laurent Bonneau, conseiller de mission du Service de Coopération et d'Action Culturelle, m'a beaucoup aidé dans des conditions institutionnelles difficiles. Je le remercie pour la confiance qu'il a su m'accorder.

Merci beaucoup à Jean-François Duranton, chercheur du Cirad-Prifas et consultant FAO, tout d'abord pour mon accueil à Madagascar et ensuite pour le suivi de mon stage qu'il a pu faire même de loin. Je le remercie pour sa clairvoyance et pour sa connaissance du Sud malgache qu'il a essayé de me faire partager.

Je remercie aussi Annie Monard, fonctionnaire FAO, pour son aide sur les dossiers administratifs et pour sa sincérité.

Je tiens à remercier Messieurs Rollin et Raverdeau, tous deux membres du Projet Sud Ouest, pour leur appui tant logistique que moral.

Le laboratoire du Prifas m'a été très utile, avant mon départ et à mon retour. Je remercie tous les membres.

Merci enfin à Messieurs Bethune et Leclant qui ont su comprendre mes aspirations.

Sommaire

Liste des figures et tableaux	7
Liste des sigles et abréviations	8
Introduction	10
1- La grande île	11
1-1 Dissymétrie Est / Ouest	11
1-1-1 Dissymétrie orographique	11
1-1-2 Dissymétrie géologique	11
1-1-3 Les bassins versants	11
1-2 Données climatiques générales	13
1-2-1 Contexte climatique	13
1-2-2 Saison sèche, saison des pluies	13
1-3 Ensembles bioclimatiques	15
1-4 Conclusion partielle	17
2- Le Problème acridien	18
2-1 Ancienneté du problème	18
2-2 Comportement phasaire	18
2-2-1 La pigmentation	19
2-2-2 Morphologie	19
2-2-3 Le comportement	20
2-3 La grégarisation	20
2-4 Implications opérationnelles	21
3- Les acridiens nuisibles à Madagascar	22
3-1 Le Criquet migrateur malgache, <i>Locusta migratoria capito</i> (Saussure, 1884)	22
3-1-1 Dégâts et cycles d'invasion	22
3-1-2 Cycle de développement	24
3-1-3 Bio-écologie du Criquet migrateur malgache	24
3-1-4 Conclusion partielle	27
3-2 Le Criquet nomade, <i>Nomadacris septemfasciata</i> (Serville, 1838)	28
3-2-1 Dégâts	28
3-2-2 Cycle de développement	28
3-2-3 Comportement phasaire et grégarisation	29
3-2-4 Bio-écologie du Criquet nomade	31
4- Le concept d'aire grégarigène	32
4-1 L'aire grégarigène du Criquet migrateur à Madagascar	32
4-1-1 La théorie	32
4-1-2 Application au cas de Madagascar et de <i>Locusta migratoria capito</i>	33
4-1-3 Classification pluviométrique des régions naturelles de l'aire grégarigène	34
4-2 L'aire grégarigène du Criquet nomade à Madagascar	40
4-3 Transformations des structures végétales de l'aire grégarigène	40
4-3-1 Diversification de la gamme des biotopes présents dans certaines régions naturelles	41
4-3-2 Transformation du potentiel écologique de certains biotopes	41
4-3-3 Renforcement de la complémentarité écologique inter-régionale	41
4-3-4 Renforcement de certaines voies privilégiées de déplacement	41
4-3-5 Modification des proportions des différents types de surfaces colonisables	41
4-3-6 Conclusion partielle	42
5- L'avertissement acridien	43

5-1 De la naissance du centre antiacridien à l'invasion de 1939 - 1957	43
5-2 Création de la Cellule de Recherche Opérationnelle	43
5-3 Les premières réhabilitations	44
5-4 L'invasion des années 90 et l'abandon du CAB	45
5-4-1 L'invasion des années 90	45
5-4-2 L'organisation du CAB	46
5-4-3 Lutte antiacridienne	46
5-5 L'importance du réseau de surveillance	47
5-1 En phase de rémission	47
5-2 En période d'invasion	48
5-6 Conclusion partielle	48
6- La restructuration nécessaire du réseau de veille	49
6-1 Le réseau de veille de la saison sèche 1999	49
6-1-1 Dispositif	49
6-1-2 Résultats	51
6-1-3 Discussion	51
6-2 L'installation d'un nouveau Réseau Antiacridien Malgache	52
6-2-1 Le CAB « nouvelle formule »	52
6-2-2 Le dispositif antiacridien	55
6-2-3 Les travaux de réhabilitation	57
Zone VI	59
6-2-4 Le personnel	60
Conclusion	62
Références bibliographiques	63
Liste des annexes	66

Liste des figures et tableaux

- Figure 1.- Carte physique de Madagascar (d'après FTM, 1984)
Figure 2.- Carte des isohyètes annuelles de Madagascar (d'après Atlas de Madagascar, 1969)
Figure 3.- Cartes des ensembles bio-climatiques de Madagascar (d'après ORSTOM, sd)
Figure 4.- Le polymorphisme phasaire
Figure 5.- Polymorphisme phasaire du Criquet migrateur (d'après Duranton *et al.*, 1982, *in* FAO., 1967)
Figure 6.- Cycle de développement du Criquet migrateur
Figure 7.- Évolution comparée de la croissance de population du Criquet migrateur en fonction de la pluviométrie et de la température moyenne (d'après Darnhofer et Launois, 1974)
Figure 8.- Changement des formes de biotopes du Criquet migrateur en fonction de l'état phasaire des individus (Duranton *et al.*, 1982)
Figure 9.- Cycle de développement du Criquet nomade
Figure 10.- Définition symbolique de quatre concepts importants dans la compréhension et la lutte contre les locustes
Figure 11.- Cycle annuel du Criquet migrateur en phase solitaire (Duranton *et al.*, 1982)
Figure 12.- Évolution annuelle de la fréquence de réalisation de l'optimum pluviométrique mensuel du Criquet migrateur entre 1939 et 1974 dans les trois zones de l'aire grégarigène (d'après Darnhofer et Launois, 1974)
Figure 13.- Sous ensembles complémentaires de l'aire grégarigène du Criquet migrateur malgache
Figure 14.- Limites des aires grégarigènes et des aires d'invasion du Criquet migrateur malgache (d'après Duranton, 1998)
- Tableau 1 : Matériel nécessaire pour le fonctionnement du réseau de surveillance acridienne
Tableau 2 : Moyens du dispositif de lutte préventive
Tableau 3 : Personnel du dispositif de lutte préventive
Tableau 4 : Les 23 nouveaux PA
Tableau 5 : Moyens pour le fonctionnement des PA

Liste des sigles et abréviations

AD :	Aire de densation.
AD-C :	aire de densation centre
AD-N :	aire de densation nord
AD-S :	aire de densation sud
AG :	Aire grégarigène.
AGT-B :	aire grégarigène transitoire betsiry
AGT-C :	aire grégarigène transitoire centre
AGT-E :	aire grégarigène transitoire est
AGT-O :	aire grégarigène transitoire ouest
AGPP :	Service de la protection des plantes de la Division de la production végétale et de la protection des plantes de la FAO (Rome).
AGT :	Aire (grégarigène) transitoire.
AI :	Aire d'invasion.
AIC-HT :	aire d'invasion centre hautes terres
AIC-MN :	aire d'invasion centre moyen nord
AIC-MO :	aire d'invasion centre moyen ouest
AIC-MS :	aire d'invasion centre moyen sud
AIC-O :	aire d'invasion centre ouest
AIE-A :	aire d'invasion est ankay
AIE-C :	aire d'invasion est centre
AIE-N :	aire d'invasion est nord
AIE-S :	aire d'invasion est sud
AIN-E :	aire d'invasion nord est
AIN-HT :	aire d'invasion nord hautes terres
AIN-NO :	aire d'invasion nord nord ouest
AIN-P :	aire d'invasion nord piedmont
AMI-C :	aire de multiplication initiale centre
AMI-N :	aire de multiplication initiale nord
AMI-S :	aire de multiplication initiale sud
ATM-C :	aire transitoire de multiplication centre
ATM-N :	aire transitoire de multiplication nord
ATM-S :	aire transitoire de multiplication sud
AMI :	Aire de multiplication initiale.
ATM :	Aire transitoire de multiplication.
BAD :	Banque Africaine de Développement (Abidjan).
BM :	Banque mondiale (Washington).
CAB :	Centre antiacridien de Betioky.
CCA :	Cellule de Crise Anti-acridienne du CNLA (Tananarive).
CIRAD :	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement .
CIRAD-Prifas :	Unité de recherche en acridologie opérationnelle du Programme de Protection des cultures (PPC) du département d'Amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique (Amis) du CIRAD (Montpellier).
CN :	Coordinateur National du CNLA
CNEARC :	Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes (Montpellier)
CNLA :	Comité National de Lutte Anti-acridienne (Tananarive).
DPV :	Direction de la Protection des végétaux.
DRC :	Défense rapprochée des cultures.
ECHO :	Opérations humanitaires de l'Union Européenne.
ELT :	Equipe de lutte terrestre.
FAC :	Fond d'Aide et de Coopération.
FAO :	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Rome).
Fmg :	Franc malgache
GAL :	Groupe aérien de lutte (Betioky).

GIMT :	Groupe mobile d'intervention terrestre
GOLA :	Groupe Opérationnel de Lutte Antiacridienne.
GPS :	<i>Global Positioning system</i>
HF :	Haute fréquence.
L1, L2...:	Larve ou population larvaire de Stade 1, 2...
MAE :	Ministère des Affaires Etrangères (Paris)
MinAgri :	Ministère de l'Agriculture (Tananarive).
ONE :	Office National Pour l'Environnement (Tananarive).
ONG :	Organisation non-gouvernementale.
OSC :	Organisations de la société civile.
PA :	Poste antiacridien.
PCC :	Poste de Commandement Central.
PLA :	Projet de Lutte Aérienne (Tananarive).
PLAAG :	Projet de Lutte Anti-acridienne pour l'Aire grégarigène
POL :	Poste d'observation local.
POR :	Poste d'Observation régional.
POS :	Poste d'Observation Synoptique
PSO :	Projet de développement du Sud-Ouest (Tuléar).
QG :	Quartier Général.
R1, R2...:	Première, deuxième...Reproduction d'une campagne anti-acridienne (nov. - oct.).
SAAB :	Section d'avertissement antiacridien de Betioky.
SCAC :	Service de Coopération et d'Action Culturelle
TAM :	Travaux aériens de Madagascar (Tananarive).
UE :	Union européenne.
USAID :	Agence des Etats-Unis pour le développement (Washington).
\$EU :	dollar des Etats-Unis.

Introduction

Madagascar vit sous la menace permanente des invasions du criquet migrateur malgache *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884.) qui existe sous les deux phases solitaire et grégaire ; les individus en phase grégaire se rassemblent, pullulent et forment des bandes de larves appelées bandes primitives, se transforment en essaims d'ailes migrateurs créant les cycles d'invasion, lesquels peuvent durer plusieurs années. Une invasion généralisée peut s'étendre sur les 4/5^{èmes} de l'île et, lors de leur passage, les insectes détruisent toutes les cultures qu'ils rencontrent.

Par définition, seule une organisation publique peut faire face à ce fléau. Le principe étant une surveillance accrue des aires de reproduction du Criquet migrateur. Mais ce dernier se déplace selon des contraintes bio-climatiques complexes ; le départ des invasions se fait à partir de zones de pâturages très peu peuplées. La surveillance, depuis qu'elle existe, a donc été confiée à un service antiacridien spécialisé et géré par des fonds publics.

Le Gouvernement malgache et la coopération française ont collaboré depuis longtemps pour arriver à mettre en place un dispositif de lutte préventive permettant d'éviter les départs d'invasions. Cette collaboration a permis la naissance d'un des premier système d'avertissement antiacridien au monde en 1974. Ce système, était basé sur un suivi rigoureux des populations acridiennes à Madagascar. Les interventions de traitement n'intervenaient qu'en cas de déclenchement de pullulation. Mis à part une recrudescence en 1982, Madagascar a donc été indemne d'invasions acridiennes de 1974 aux années 90.

Par la suite, (anthropisation forcée, recrudescence de la culture sur abattis-brulis) les biotopes des aires de reproduction du Criquet migrateur, qui avaient été clairement délimités en 1974, ont été profondément modifiés. Ces transformations écologiques des aires de reproduction ont eu pour conséquence immédiate de complexifier les déplacements du Criquet migrateur. Ce qui a évidemment diminué l'efficacité du service d'avertissement antiacridien.

A ces troubles écologiques, il faut ajouter les difficultés politiques qu'a connu Madagascar dans les années 90. Les programmes d'ajustement structurels ont précipité le service antiacridien dans une impasse. Considérant que les invasions de criquets étaient d'une autre époque, le personnel n'a pas été renouvelé et les matériels et les bâtiments n'ont pas été entretenus. L'abandon de la veille acridienne a laissé la porte ouverte, non seulement au Criquet migrateur mais aussi au Criquet nomade. Ces deux acridiens sont à l'origine d'une invasion généralisée qui s'étant depuis 1997 sur toute la grande île.

Devant l'abandon du service antiacridien, le gouvernement malgache a dû recourir aux forces armées pour tenter de maintenir le fléau. Cette décision a été prise devant la nécessité d'intervenir. Ces efforts couplés au soutien de la communauté internationale et de la FAO, ont permis de diminuer l'ampleur du fléau à partir de 1999.

La Direction de la Protection des Végétaux, qui a toujours été chargée de l'avertissement acridien, a aujourd'hui le devoir de reprendre en main les opérations. Dans ce but, il est nécessaire de faire un bilan des connaissances actuelles pour imaginer les issues possibles pour le service antiacridien et notamment pour la veille acridienne. L'objectif pour la DPV est de remettre en place un dispositif de veille efficace et économiquement supportable. La coopération française, à la demande de la DPV, a donc demandé un stagiaire pour participer à la refondation d'un nouveau système de veille.

Après une explication des problèmes acridiens à Madagascar, il convient de présenter l'invasion actuelle. Un réseau de veille est actuellement en place, il faudra l'analyser finement et en tirer les conséquences pour imaginer un nouveau dispositif.

1- LA GRANDE ILE

Avec 592 000 km², Madagascar est la 4^{ème} plus grande île du monde. Une double façade maritime (océan Indien et canal du Mozambique), l'extension en latitude du 12^{ème} au 25^{ème} parallèle sud et en altitude (le Tsaratanana culmine à 2876 m), engendrent une grande variété de types climatiques. L'insularité a permis le développement d'une faune et d'une flore endémiques.

D'un continent, Madagascar possède non seulement les dimensions mais aussi la massivité : ses côtes se développent sur 6597 km (soit 1,1 km de côte par kilomètre carré) mais sans échancrure profonde par laquelle l'influence maritime pourrait la pénétrer. C'est, d'autre part, une île montagneuse : 50% de sa superficie est à plus de 500 m d'altitude et 20% à plus de 1000 m. Plusieurs sommets dépassent 2500 m. Les Hautes Terres centrales s'érigent entre 800 et 1600 m ; Tananarive, la capitale, s'étage entre 1250 et 1400m (figure 1).

1-1 Dissymétrie Est / Ouest

Madagascar présente une dissymétrie fondamentale qui oppose l'Est et l'Ouest, dissymétrie perceptible dans le relief, la structure géologique, le réseau hydrographique et dans le climat (Donque, 1975).

1-1-1 Dissymétrie orographique

Le pan Est est puissamment redressé : on passe du niveau de la mer à plus de 1500 m en l'espace de quelques dizaines de kilomètres. L'ouest se présente au contraire comme une longue pente, modérée, bien que parfois entrecoupée de massifs comme l'Isalo.

1-1-2 Dissymétrie géologique

Le versant occidental sédimentaire est composé de bancs assez épais de plusieurs centaines de mètres. Des grès et des calcaires marins donnent naissance à de grands plateaux aux larges horizons. L'érosion a fortement buriné leur surface qui est hérissée de crêtes ou creusée de cuvettes. Au centre du versant occidental, des bandes gréseuses continentales plus ou moins dures se succèdent ; l'érosion a aussi déblayé de larges couloirs orientés Nord-Sud dans les parties les plus tendres. Toutes ces roches sédimentaires sont interrompues par des épanchements volcaniques qui donnent de grandes plates formes tabulaires.

Le secteur littoral montre encore quelques petits plateaux calcaires mais les étendues sableuses façonnées en dunes par le vent dominant.

La côte Est et l'intérieur cristallin, couvrant les 2/3 de l'île, sont constitués de matériaux plus durs donnant des reliefs plus contrastés. L'agencement des différentes unités du relief n'est pas aussi simple qu'à l'Ouest où plateaux et dépressions s'allongent du Nord au Sud. Sur les Hautes Terres, il s'agit plutôt d'une marquerie.

1-1-3 Les bassins versants

Cette opposition géologique et morphologique entre l'Est et l'Ouest a ses répercussions sur l'hydrographie. La ligne maîtresse de partage des eaux suit partout la bordure orientale des Hautes Terres. Les régimes hydrologiques sont de type tropical avec deux saisons bien marquées et réaction instantanée aux précipitations.

Cinq principaux bassins versant peuvent être distingués :

- Au Nord, deux bassins correspondent aux châteaux d'eau du Tsaratanana et de la Montagne d'Ambre, se caractérisant par la prédominance de petits torrents peu développés, à pente raide en amont.
- Le bassin du versant oriental s'allonge sur 1200 km pour une largeur moyenne de 100 km seulement : les cours d'eau y présentent un profil accusé avec biefs calmes séparés par des rapides et des chutes ; arrivés dans la plaine côtière, ils dessinent des méandres avant de se jeter dans les lagunes littorales. Les cours d'eau ont un fort débit d'étiage (novembre, décembre). La forte pente permet d'entraîner rapidement les crues qui peuvent devenir énormes lors de passage de cyclones.

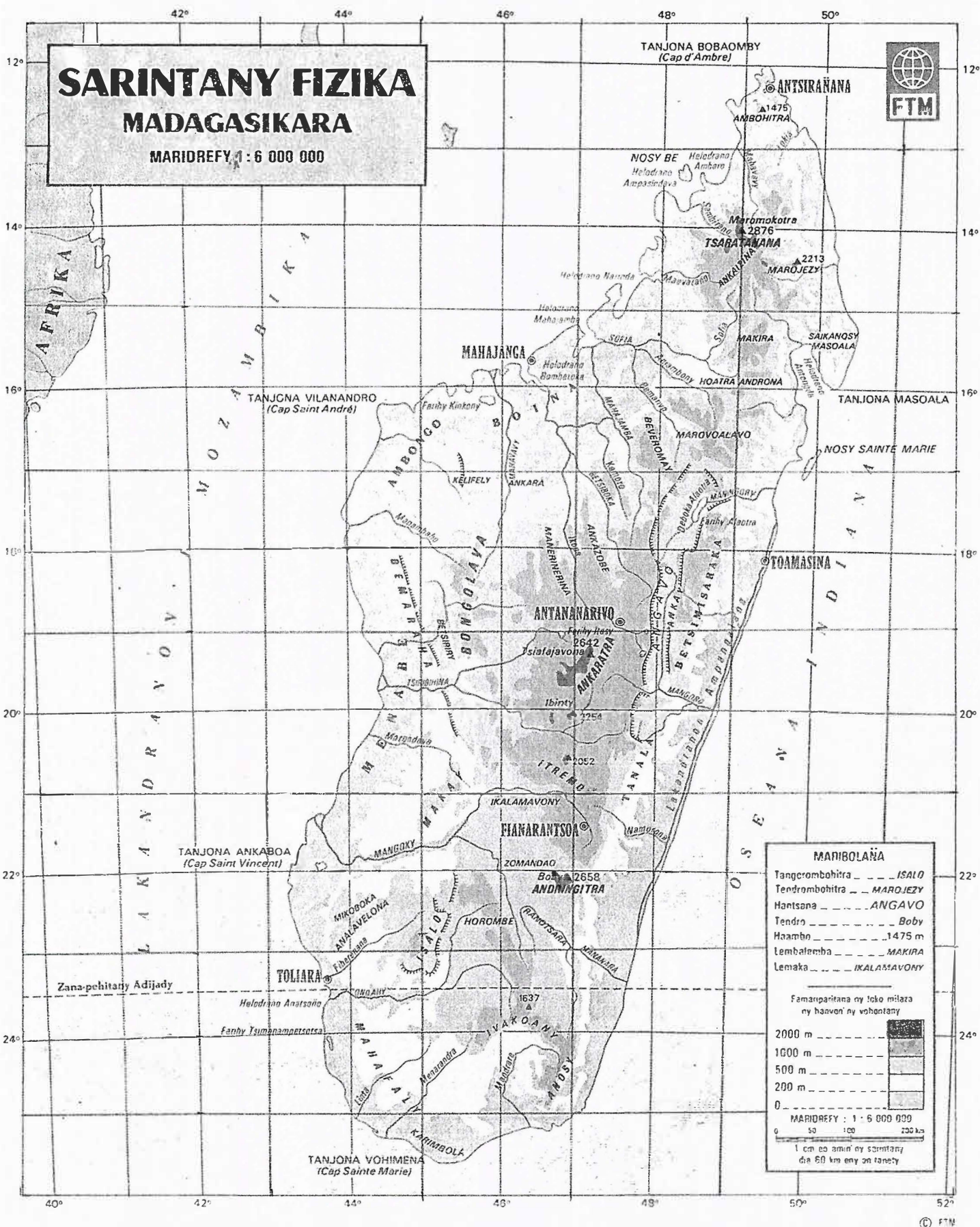


Figure1.- Carte physique de Madagascar (d'après FTM, 1984)

- L'ouest constitue le plus vaste ensemble hydrographique (365 000 km²). Les grands fleuves nés des Hautes Terres débouchent par des rapides sur les plaines occidentales où ils errent en méandres avant de se terminer par des estuaires (la Betsiboka) ou des deltas (la Tsiribihina, le Mangoky). Par manque d'alimentation en zone sédimentaire, leurs débits vont décroissant d'amont en aval après la sortie du socle cristallin, mais les crues restent brutales. Ils ont un faible débit d'étiage. Quant aux fleuves côtiers et aux petits affluents, leur pente reste forte mais leur lit est à sec entre avril et novembre.
- Le Sud enfin forme un petit bassin mais fortement individualisé, constitué par quatre organismes : Onilahy, Mandrare, ensemble Mananbovo – Menarandra – Linta, plateau Mahafaly sans écoulement superficiel. Le pays Androy se caractérise par l'existence de dépressions fermées. Les cours d'eaux possèdent un régime sahélien : les rares orages d'octobre à mai peuvent créer des crues subites ; en saison sèche, les débits diminuent vers l'aval et rares sont les fleuves pérennes jusqu'à leur embouchure. Un sous écoulement subsiste dans les sables.

1-2 Données climatiques générales

1-2-1 Contexte climatique

L'alizé austral provenant de l'Océan Indien et soufflant en permanence perpendiculairement à la côte orientale déverse son humidité sur les pentes orientales du massif cristallin. C'est la région qui reçoit la plus forte pluviosité (jusqu'à 3500 mm) et ne comporte aucun mois sec.

Parvenues sur les hauts plateaux, les couches supérieures progressent en conservant leur direction initiale et achèvent d'y déverser leur humidité sous forme de pluies moins abondantes et de brouillards.

Lorsqu'elles arrivent sur le versant occidental, ces masses d'air sont déchargées de leur humidité et au contact de l'air chaud des plaines occidentales, la partie supérieure s'élève (effet de subsidence), se détend en s'éloignant de son point de saturation de vapeur d'eau tandis que la partie inférieure s'écoule avec un effet de fœhn qui accentue la sécheresse. Il existe donc un gradient pluviométrique Est – Ouest (figure 2).

Dans l'ouest, la saison des pluies estivale est déclenchée par un autre phénomène : la mousson. Des vents humides et instables de secteur Nord à Ouest, renforcés par l'alizé boréal (en partie détourné par le continent africain) et par la dépression creusée sur le canal du Mozambique, soufflent pendant l'été austral de novembre à avril.

En descendant vers le Sud, l'influence de la mousson s'atténue progressivement. Il existe un autre gradient pluviométrique Nord – Sud (Morat, 1973).

Notons enfin que la pluviométrie mensuelle peut être considérablement modifiée d'une année à l'autre par suite de pluies très fortes, surtout entre décembre et avril, liées au passage de cyclones tropicaux dont la trajectoire est souvent complexe.

1-2-2 Saison sèche, saison des pluies

Le contexte climatique dans lequel se trouve Madagascar permet d'individualiser deux saisons au cours d'une année :

- **La saison sèche et fraîche** qui s'étend d'avril en octobre (hiver austral). Seul l'anticyclone indien et quelques fronts méridionaux ont une influence sur le versant oriental. A l'ouest, la subsidence généralisée entraîne un ciel dégagé de tout nuage et une faible humidité atmosphérique.
- **La saison humide et chaude** de novembre en mars (été austral), s'explique par le retrait de l'anticyclone et par l'arrivée de basses pressions intertropicales. Généralement la mousson commence vers le Nord-Ouest et son action se renforce en décembre où elle devient alors sensible dans le Sud. Le maximum des pluies est atteint en janvier et février. En mars, la zone pluvieuse se rétracte vers le nord.

Il faut maintenant appliquer ces schémas généraux aux différentes entités géographiques de Madagascar.

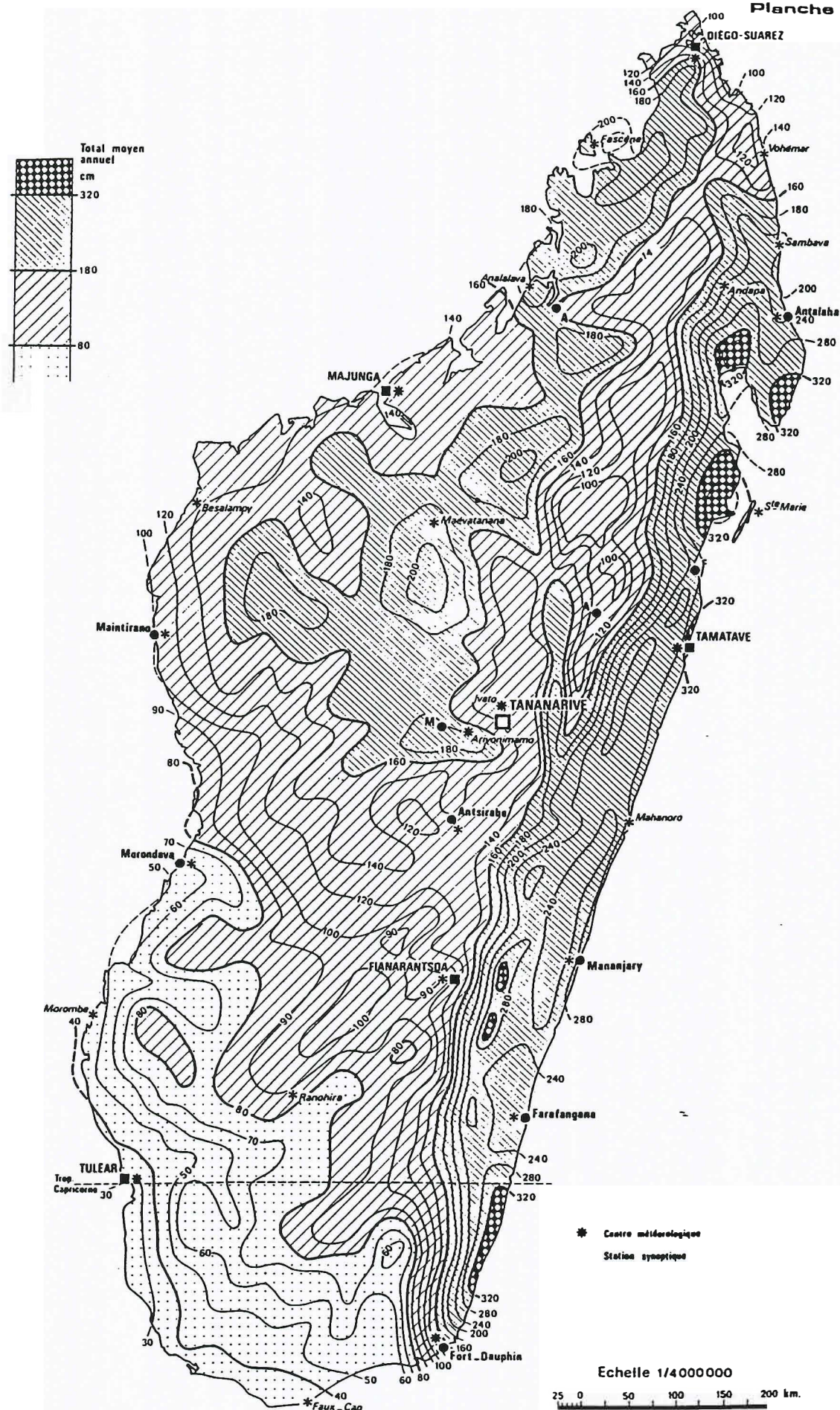


Figure 2.- Carte des isohyètes annuelles de Madagascar (d'après Atlas de Madagascar, 1969)

1-3 Ensembles bioclimatiques

La dissymétrie, déjà notée dans d'autres domaines, s'accuse d'Est en Ouest et le Sud s'individualise à nouveau. En fait si l'on tient compte de l'altitude qui abaisse les températures sur les Hautes Terres, quatre domaines bioclimatiques apparaissent tout de suite (figure 3 et annexe 1) :

- **La côte et le versant Est** sont chauds et pluvieux toute l'année. Tamatave reçoit 3450 mm par an et la température quotidienne moyenne oscille entre 20.6°C et 26.4°C. C'est le domaine de la forêt ombrophile sempervirente. Plusieurs strates composent cette forêt dense, des arbres de 25 à 30 mètres de haut, couverts d'épiphytes, s'élèvent au-dessus d'arbustes, palmiers, de fougères arborescentes, de bambous, le tout entremêlés de lianes. Ce couvert végétal a favorisé la formation de sols argileux rouges et jaunes. L'exploitation humaine (culture sur abattis brûlis, surpâturage, coupe pour le bois de feu...) entraîne la destruction de la forêt. La déforestation suit plusieurs phases : la forêt primaire est d'abord remplacée par des formations arbustives secondaires, moins denses, moins riches en espèces. Puis la destruction continuant, succède une prairie de graminées de plus en plus pauvre sous l'action répétée des incendies. La forêt primitive ne subsiste que dans des secteurs difficiles d'accès sur le bord le plus élevé du grand Est.

- **Le climat des Hautes Terres**, plus frais en raison de l'altitude, voit apparaître une saison sèche marquée tous les ans. Tananarive reçoit 1300 mm (90% des précipitations annuelles) entre les mois d'octobre et avril. La température descend fréquemment en dessous des 10°C pendant l'hiver. Les sols ferrallitiques rouges dominent dans les cuvettes. Une forêt claire d'altitude a du cohabiter avec des zones de savanes avant la poussée démographique de l'homme. Cette forêt a aujourd'hui complètement disparue pour être remplacée par une savane à graminée (*Imperata sp.*, *Aristida sp.*, *Andropogon sp.*). Le ruissellement ainsi favorisé, entraîne les sols vers les bas de pente et déchire les versants de profonds ravins, les « lavaka ». Le reboisement (eucalyptus, mimosas, pins) n'améliore en rien la biodiversité de ces milieux. Les Hautes Terres constituent une transition bioclimatique entre les deux versants de l'île. Leur frange orientale participe encore au domaine oriental (pluies plus abondantes et mieux réparties dans l'année), tandis que leur pente occidentale annonce déjà les climats des plaines et plateaux du versant mozambicain.

- **L'Ouest** représente le type de climat tropical sec à deux saisons bien tranchées. Les températures y restent élevées même pendant l'hiver austral. La pluviosité diminue progressivement vers le Sud. Des formations forestières plus claires à sous bois plus ou moins épineux témoignent de cette plus grande sécheresse. Ces formations sclérophylles se développent sur des sols ferrugineux rouges comme les précédents mais moins épais et moins argileux. Là aussi, les forêts disparaissent réfugiées dans les bas fonds, elles laissent la place à une savane parsemée de palmiers (*Hypphaenae sathan*, *Medemia nobilis*), de baobabs (*Adansonia spp.*) et d'autres espèces pyrophytes.

- **Le Sud et le Sud-Ouest** sont des régions au climat semi-aride. Les moyennes thermiques annuelles restent encore fortes malgré la latitude. La saison pluvieuse est courte, les précipitations sont généralement faibles. Le Sud Sud-Ouest est la région la plus sèche de l'île. En revanche, en saison sèche, l'extrême sud peut bénéficier de quelques averses de caractère frontal, qui sont des résidus de l'influence tempérée. L'insuffisance des pluies est aggravée par leur irrégularité mais aussi par la perméabilité des sols. Aussi le problème de l'eau se pose avec acuité dans certains secteurs. La carte de la pluviométrie traduit une aridité croissante du Nord-Est au Sud-Ouest : Ihosy (au Nord) et Tsivory (grâce à son exposition à l'Est dans le cirque Mananbien), reçoivent plus de 800 mm. Ambovombe reçoit 600 mm (moyenne de l'intérieur de l'Androy et du pays Mahafaly), tandis que la pluviosité annuelle tombe sous les 500 mm le long du littoral (375 mm à Tulear). Cette aridité croissante se traduit dans les changements de paysage végétal et de sol : les forêts sclérophiles plus ou moins dégradées en savanes arbustives des régions occidentales se fondent progressivement dans le bush. Le bush xérophile est la formation végétale caractéristique des zones les plus sèches. Il est formé de buissons et d'épineux dont une grande partie est endémique (*Alluandia procera*, *Pachypodium spp.*, *Euphorbia spp.*) ; ces espèces présentent des formes exceptionnelles d'adaptation au climat semi-aride. Ce bush recouvre en général des sables roux et des sols rouges de type méditerranéens.



Figure 3.- Cartes des ensembles bio-climatiques de Madagascar (d'après ORSTOM, sd)

1-4 Conclusion partielle

A Madagascar, mis à part dans les régions d'altitude, les températures annuelles moyennes sont toujours supérieures à 15°C. Au cours de l'année, il existe toujours une saison sèche dont la durée et la rigueur sont nuancées en fonction des conditions régionales : altitude, continentalité, exposition aux vents et aux masses d'air humides ou sèches. Traditionnellement deux grands ensembles climatiques et géographiques sont distingués dans l'île :

- L'un « au vent », est caractérisé par des pluies abondantes, une saison sèche très courte et peu différenciée, des températures modérées, une forte humidité persistante. Il s'apparente surtout au versant Est.
- L'autre « sous le vent », est défini par des saisons plus contrastées, des températures moyennes annuelles plus élevées. Il est représenté par le versant Ouest.

L'homme serait arrivé à Madagascar aux alentours du I^{er} siècle avant JC. Depuis lors, les forêts originelles sont victimes de la pratique de l'abattis brûlis, le *tau*. La savane, une fois installée, est entretenue par les feux de brousse répétés qui fournissent aux troupeaux des repousses vertes toute l'année. Or la plupart des études estiment que le climax est forestier sur la quasi totalité de l'île. Déjà en 1950, la forêt primaire ne couvrait plus que 45% du territoire. En 1995, elle n'occupait plus que 12% de la surface de la grande île (Langrand, 1995).

2- LE PROBLEME ACRIDIEN

Les criquets, ou acridiens, sont des insectes de l'ordre des Orthoptères et du sous ordre des Caelifères. Ils sont présents partout dans le monde, mais c'est dans les zones tropicales que l'on trouve le plus grand nombre d'espèces. Il en existe plus de 10 000 au total. Les criquets ravageurs peuvent être classés en deux catégories bien distinctes : les locustes et les sauteriaux. Les problèmes posés par ces deux catégories d'acridiens sont bien différents.

Les **locustes** représentent un pour-cent des espèces d'acridiens, ils ont un potentiel de reproduction très élevé. Ils présentent la particularité remarquable d'exister sous deux états, appelés phases, la **phase solitaire** et la **phase grégaire**. Durant la phase solitaire, les locustes mènent une vie indépendante des autres individus et sont inoffensifs pour les cultures. Au delà d'une densité seuil d'individus, ils passent de la phase solitaire à la phase grégaire : les jeunes larves se regroupent pour former des taches et des bandes larvaires. Une fois adultes, ils volent ensemble en formant des essaims. Le passage de la phase solitaire à la phase grégaire se réalise préférentiellement dans certaines zones : les **aires grégarigènes**. C'est là que peuvent prendre naissance les grandes invasions de locustes susceptibles de ravager les cultures de tout un continent.

Dans le cas des **sauteriaux**, il n'existe ni phénomène de transformation phasaire, ni aires grégarigènes, ni risque d'invasions généralisées. Néanmoins des pullulations importantes peuvent se produire et - alors que pour les locustes les risques de départ d'invasion sont rares - des dégâts parfois très importants de sauteriaux sont fréquemment enregistrés chaque année (Lecoq et Mestre, 1988).

Dans la cas de Madagascar nous avons affaire à deux locustes ; après un descriptif historique du problème acridien, nous détaillerons cette transformation phasaire pour en tirer les conséquences opérationnelles.

2-1 Ancienneté du problème

Les criquets ont marqué l'histoire : dans l'ancien testament, ils sont la septième plaie infligée à l'Égypte pour contraindre Pharaon de libérer le peuple israélien. Le prophète Joël a écrit : « ... pleurez, gémissez, lamentez-vous, car un peuple est venu fondre sur mon pays, puissant et innombrable, il a les dents d'un lion, les mâchoires d'une lionne. Il a dévasté ma vigne, il a détruit mon figuier, il a dévoré l'écorce jusqu'à ce qu'il ne reste que des rameaux blancs. » (Joël 1/5-7). Les criquets taillés en pierre sur les tombeaux de Sakkarah en Haute Égypte datent de la sixième dynastie égyptienne (2400 ans avant JC). Les essaims de criquets ont aussi harcelé l'Europe, la France a subi une invasion catastrophique en 1613 : des essaims de Criquet pèlerin avaient été projetés par des tempêtes violentes au-delà de la Méditerranée. Les dégâts étaient si catastrophiques dans la vallée du Rhône que l'archevêque d'Avignon ordonna aux prêtres de faire des prières et de demander la bénédiction de Dieu durant quarante jours pour éloigner le fléau.

Pendant la dernière invasion de Criquets pèlerins au Sahel de 1986 à 1989, ils réussirent à traverser l'Atlantique à partir de la Mauritanie pour atteindre plusieurs pays des Caraïbes. Ceci ne fut possible que par un vol sans escale de plus de 4000 km ! (GTZ, 1995)

2-2 Comportement phasaire

Jusqu'à 1921, *Locusta migratoria* et *Locusta danica* étaient considérés comme deux espèces différentes. A cette date Uvarov a supposé qu'il s'agissait effectivement de deux formes différentes d'une seule et même espèce : l'une caractérisant les populations grégaires et l'autre les populations solitaires. Le terme de phase est employé par analogie avec les différents états d'une même substance, comme l'eau ou l'air, qui suivent des lois physiques et chimiques différentes. En acridologie, les différences phasaires sont très profondes : la physiologie, la morphologie, l'anatomie, l'éthologie sont affectées. Les changements de phase sont gradués en fonction du choc densitaire subi. Les formes intermédiaires sont appelées **transiens** (figure 4). Dans le cas d'une évolution de la forme solitaire vers la forme grégaire, on parle de **transiens congregans** et dans le cas inverse de **transiens dissocians** (ou **dégregans**) (Duranton *et al.*, 1982).

Le Criquet migrateur malgache fait donc parti des locustes. C'est à dire qu'il est capable de subir une transformation phasaire : l'acridien est dit « grégariapte ».

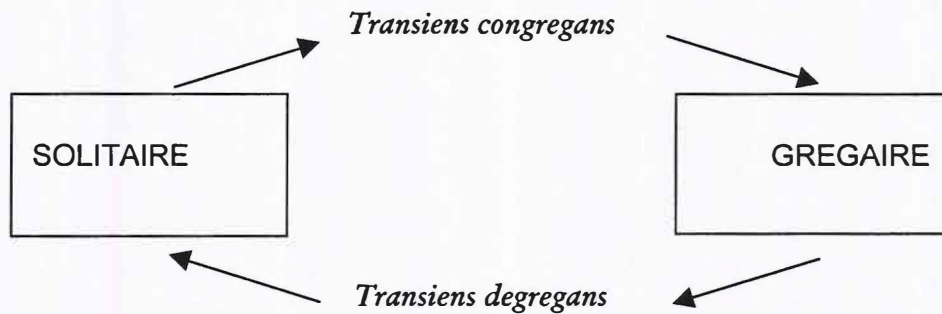


Figure 4.- Le polymorphisme phasaire

Les formes solitaires et grégaires du Criquet migrateur se distinguent l'une de l'autre par de très nombreux caractères. Les différences les plus évidentes concernent la pigmentation et la morphologie et le comportement.

2-2-1 La pigmentation

Chez les **larves et les imagos solitaires**, la coloration générale est verte ou brune, plus ou moins claire ou foncée et plus ou moins mouchetée de brun foncé ou de noirâtre, en particulier sur le pronotum. Il s'agit là d'un polychromatisme saisonnier à caractère adaptatif. Au sein des populations naturelles, on trouve en général un mélange d'individus vert et d'individus bruns. Les proportions de formes vertes et de formes brunes varient en fonction des saisons. On passe en moyenne de 80% ou plus de formes vertes en pleine saison des pluies, à moins de 20% en pleine saison sèche.

Chez les **individus grégaires**, le polychromatisme vert/brun n'existe pas. Les larves ont une teinte unique jaune plus ou moins orangée, maculé de noir. Les imagos couleur beige, jaunissent à la maturation sexuelle et deviennent marrons lie de vin en vieillissant.

2-2-2 Morphologie

Au niveau morphologique, la forme du pronotum est très différente selon la phase. La carène dorsale est arquée chez les solitaires, presque plane chez les grégaires (figure 5). Le fémur postérieur est plus long chez les solitaires que chez les grégaires, dépassant l'extrémité de l'abdomen chez les premiers, ne le dépassant pas chez les seconds.

De plus, le dimorphisme sexuel s'atténue chez les grégaires. Alors que le mâle est plus petit que la femelle chez les solitaires (la longueur des mâles varie de 38 à 44 mm et celles des femelles de 36 à 54 mm), les deux sexes ont sensiblement la même taille chez les grégaires.

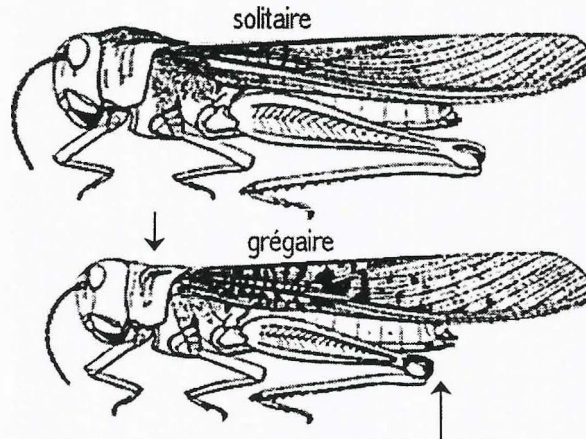


Figure 5.- Polymorphisme phasaire du Criquet migrateur (d'après Duranton *et al.*, 1982, in F.A.O., 1967)

2-2-3 Le comportement

Les grégaires tendent à imiter les gestes de leur congénères proches et à maintenir activement le groupement en bandes larvaires ou en essaim ailés. A l'inverse, les solitaires vivent isolés, sauf en cas de rapprochement sexuel ou de rassemblement fortuit sur les plantes ou sur les sites favorables. Les ailés solitaires volent de préférence la nuit, et les grégaires le jour. Ces derniers volent plus longtemps et plus loin ce qui leur permet de parcourir de très grandes distances (Duranton *et al.*, 1982).

2-3 La grégarisation

L'expression du polymorphisme phasaire est liée essentiellement aux conditions de l'environnement social du criquet mis en présence, ou au contraire isolé, de ses congénères. Le principal facteur déclenchant est la **densité**. Chez le Criquet migrateur malgache, les premières manifestations de grégarisation sont observées à partir d'un regroupement de 2000 ailés par hectare. Alors qu'il n'est que de 500 ailés par hectare pour le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775).

Le passage de la phase solitaire à la phase grégaire est appelé **grégarisation primaire**, il requiert au minimum 3 générations. C'est un phénomène rare qui requiert la réalisation simultanée de plusieurs circonstances difficiles à réunir :

- Accroissement brutal de la densité des adultes au dessus du **seuil de grégarisation** (2000 ailés par hectare).
- Sédentarisation des parents
- Groupement et homogénéisation des pontes
- Agrégation des larves
- Maintien de la cohésion au moment de la constitution des essaims primitifs
- Renforcement du gréganisme

Le maintien des populations en phase grégaire est par opposition nommé **grégarisation secondaire**. Comme nous allons le voir, il ne requiert pas de conditions écologiques très spécifiques car d'une part, le comportement grégaire des insectes réduit l'effet dispersif des paysages ouverts, d'autre part, leurs capacités de survie sont supérieures à celle des solitaires (Darnhofer et Launois, 1974).

Le retour de la phase grégaire à la phase solitaire, la **dégrégarisation**, est un phénomène aussi exceptionnel que la grégarisation primaire.

La vitesse de dégrégarisation est variable selon (Duranton *et al.*, 1982) :

- la nature de l'habitat (effet dispersif des milieux ouverts),
- les effets des vents locaux,
- le passé des ailés issus de parents solitaires ou grégaires,
- les aléas climatiques (période sèche à l'acmé de la saison des pluies),

- les baisses de densité par dispersion ou par mortalité.

2-4 Implications opérationnelles

La lutte contre les locustes doit permettre d'éviter tout départ d'invasion. Il s'agit de bloquer à la base tout départ d'invasion afin d'empêcher les essaims de se disséminer et d'atteindre les zones de cultures ; car l'invasion une fois déclenchée, est très difficile à enrayer et peut se maintenir pendant de nombreuses années.

La stratégie contre ces espèces passe donc par la surveillance intensive des aires grégarigènes, lieux privilégiés pour le passage de la phase solitaire à grégaire. Cette surveillance doit permettre de cibler les zones dangereuses. Des interventions ponctuelles et précoces doivent ensuite permettre de maintenir les effectifs acridiens en deçà de la masse critique favorisant le déclenchement d'un phénomène de transformation phasaire d'envergure.

Nous verrons que la surveillance doit être rationalisée et orientée pour la rendre la plus efficace et la moins coûteuse possible.

3- LES ACRIDIENS NUISIBLES A MADAGASCAR

A Madagascar, la première mention concernant les criquets date de 1617. Les ravages sont dus à deux espèces, le Criquet migrateur et le Criquet Nomade.

3-1 Le Criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884)

Le Criquet migrateur est un acridien possédant une très grande extension géographique. Il est répandu dans tout l'ancien Monde où de nombreuses sous espèces ont été décrites. C'est un ravageur majeur dans de nombreuses zones tropicales et, en particulier en Afrique sud-saharienne et à Madagascar. Durant de longues périodes de rémission (absence d'individus grégaires), sa présence passe inaperçue, mais au cours des invasions, les dégâts occasionnés peuvent être très importants.

Le Criquet migrateur, *Locusta migratoria* (Linné, 1758) fait parti de la famille des *Acrididae* et de la sous famille des *Oedipodinae*. Il est représenté au sud du Sahara et aux îles du Cap-Vert par la sous espèce *L. m. migratorioides* (Reiche et Fairmaire, 1850) et à Madagascar par la sous espèce *L.m. capito*¹ (Saussure, 1884). Ces deux sous espèces sont très proches en particulier au niveau de la bio-écologie. Il ne semble pas y avoir d'échanges réguliers de populations entre la grande île et le continent, par contre ces deux sous espèces demeurent impossibles à distinguer sur le plan morphologique. L'utilisation de méthodes de taxonomie numériques a permis à Farrow et Colless (1980) de montrer que les critères morphométriques classiques étaient inadéquats pour distinguer les différentes races tropicales du Criquet migrateur. Pour ces auteurs, il conviendrait de les considérer comme appartenant toutes à la même sous espèce, *L. m. migratorioides*, caractérisé par l'absence de diapause embryonnaire par opposition aux sous espèces de la zone tempérée possédant cette particularité biologique. Ce point de vue ne fait pas encore l'unanimité (Lecoq, 1991). Devant ces imprécisions, nous l'appellerons Criquet migrateur malgache *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884) ou simplement Criquet migrateur.

3-1-1 Dégâts et cycles d'invasion

Les dégâts sont essentiellement limités aux graminées (riz, maïs, canne à sucre) mais bananier, ananas, palmier à huile, cocotier, arachides, pâturages, cultures ornementales et potagers peuvent être ravagés à l'occasion.

Un essaim de Criquets migrateur peut atteindre des dimensions de plusieurs milliers d'hectares. Si la densité au sol est de 300 individus par mètres carrés et en supposant que chaque individu pèse 2 grammes, alors le poids total d'un essaim de 4 000 ha est estimé à 25 000 t environ. Tous les jours, ils doivent manger autant qu'ils pèsent soit 25 000 t.

A Madagascar, plusieurs cycles d'invasions ont été observés depuis un siècle : 1880-1888, 1899-1904, 1909-1915, 1921-1929, 1939-1957, 1960-1962, 1997- ? Les invasions peuvent s'étendre sur les 4/5^{ème} de l'île, soit près de 500 000 km². Seule la côte Est, au climat plus humide et couverte de forêt, avait toujours été épargnée avant l'invasion actuelle. Au total en un siècle, Madagascar a donc été soumis au fléau pendant une cinquantaine d'année (Lecoq, 1991).

¹ *Migratory locust* en anglais et *Valala Vao* en malgache.

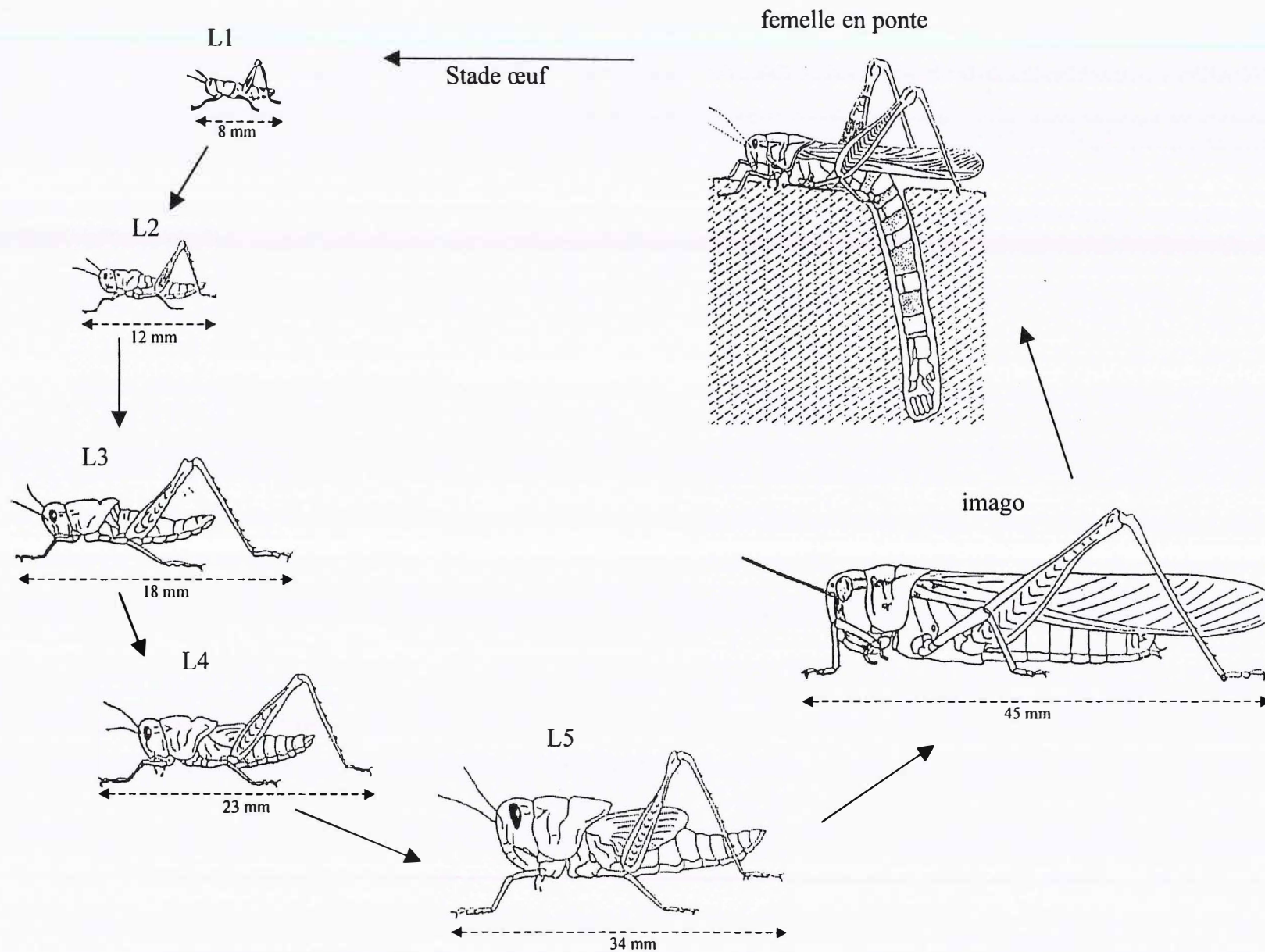


Figure 6.- Cycle de développement du Criquet migrateur

3-1-2 Cycle de développement

Le Criquet migrateur malgache *Locusta migratoria capito* (Sauss.) passe par trois états biologiques au cours de sa vie (voir figure 6) :

- L'état embryonnaire, l'œuf
- L'état larvaire, la larve (aptère)
- L'état imaginal, l'ailé ou l'imago (le terme d'adulte est réservé pour désigner un individu sexuellement mûr)

L'ensemble des trois états correspond à une génération. Sur l'île de Madagascar, le Criquet migrateur solitaire a 4 ou 5 générations par an : l'une R1 a lieu en saison sèche, les autres, R2, R3, R4, en saison des pluies. A l'état grégaire, il semble n'y avoir que 2 à 3 générations par an (Duranton, C.P.). La nomenclature des reproductions successives est difficile à établir par suite du décalage de développement dans chacune des aires connues. Les déplacements des ailés d'une zone à l'autre conduit chaque année les adultes d'une reproduction à se croiser avec ceux d'une autre reproduction. Au cours de sa vie, l'insecte n'accuse aucun arrêt de développement, ni quiescence, ni diapause (Duranton *et al.*, 1982).

3-1-2-1 L'état larvaire

Chaque état présente des stades différents en fonction de l'âge des individus. On distingue 5 stades larvaires chacun séparés par une mue :

- STADE 1 (L1), longueur de 7 à 9 mm ; une petite tâche noire des deux cotés de la carène médiane du pronotum ; ailerons dirigés vers le bas,
- STADE 2 (L2), longueur 10 à 13 mm ; ailerons dirigés vers le bas,
- STADE 3 (L3), longueur 15 à 20 mm ; ailerons dirigés vers le bas,
- STADE 4 (L4), longueur 18 à 25 mm ; ailerons dirigés vers l'arrière et plus court que le pronotum,
- STADE 5 (L5), longueur 28 à 35 mm ; ailerons dirigés vers l'arrière et plus long que le pronotum.

Les femelles peuvent présenter des stades surnuméraires. Les femelles de Criquet migrateur déposent leurs œufs sous forme d'oothèque dans des sols meubles. Dans les conditions de la saison des pluies du Sud-Ouest malgache, les jeunes larves éclosent 12 à 15 jours après la ponte. Le passage par les 5 stades larvaires dure environ un mois.

3-1-2-2 L'état imaginal

Après la mue imaginale, les individus passent à l'état d'imago. On distingue généralement 5 stades, 2 stades immatures et 3 stades adultes :

- STADE 1 : mâles et femelles venant de muer, à téguments encore mous,
- STADE 2 : femelles à téguments durs, ovaires en prévitellogénèse, Immature
- STADE 3 : femelles à téguments durs, ovaires en vitellogénèse, n'ayant pas pondu,
- STADE 4 : femelles à téguments durs ayant pondu, aspect jeune²,
- STADE 5 : mâles et femelles à téguments d'aspect âgé (couleur lie de vin, tégument usé et maculé, ailes rognées). Mature

En saison des pluies, les femelles déposent leur première ponte une dizaine de jours après la mue imaginale. Les autres pontes (3 environ) suivent dans un rythme de 2 à 15 jours. La femelle meurt environ un mois après la première ponte. En saison sèche, le développement peut prendre plusieurs mois.

3-1-3 Bio-écologie du Criquet migrateur malgache

L'objectif est de déterminer les exigences climatiques et écologiques du Criquet migrateur. Ceci dans le but de délimiter de façon précise son aire d'habitat et de comprendre les mécanismes qui mènent à la grégarisation.

² Les stades 2,3 et 4 sont regroupées en un seul stade chez les mâles : tégument dur et aspect jeune

3-1-3-1 Facteur thermique

Louveaux (1972), admet que le zéro de développement des œufs est atteint vers 14°C. Ce seuil pourrait être ramené vers 11°C pour les larves et les adultes qui bénéficient de l'insolation directe. L'optimum thermique de la population se situerait autour de 25°C. A partir de cette valeur moyenne, l'insecte dispose de telles capacités de régulations par son comportement qu'il peut contrôler sa température interne en modifiant son temps d'exposition au soleil.

Il faut néanmoins distinguer le cas des individus solitaires des grégaires. Le grégaire peut élever sa température interne de plus de 5°C par rapport au solitaire pour une même température de l'air. Il tire ces capacités essentiellement de sa couleur : dominante noire et brun jaune alors que le solitaire est typiquement vert ou beige clair. Cette faculté permet aux grégaires de coloniser des zones thermiquement hostiles aux solitaires. En effet, 5°C suffisent à autoriser l'accès des Hauts plateaux aux essaims et aux bandes larvaires.

Le Criquet migrateur est donc un acridien nettement thermophile dont la limite inférieure de l'optimum thermique de développement se situe autour de 25°C. La limite supérieure au-delà de laquelle la mortalité est inévitable paraît être 40°C. Cependant, non seulement elle est rarement atteinte à Madagascar, mais l'insecte évite les trop fortes insulations en se dissimulant à l'ombre d'une touffe ou d'un repli de terrain.

3-1-3-2 Facteur hydrique

L'essentiel de l'approvisionnement en eau du Criquet migrateur (humidité relative de l'air, absorption de rosée, eau contenue dans les graminées consommées) provient directement ou indirectement des précipitations. On trouve dans les archives acridiennes des allusions fréquentes à des conditions dites « défavorables » ou « favorables » à l'insecte pour désigner l'effet des pluies « très faibles », « très fortes », ou « moyennes ». Ces différentes expressions dérivent d'une connaissance empirique du caractère mésohygrophile du Criquet migrateur.

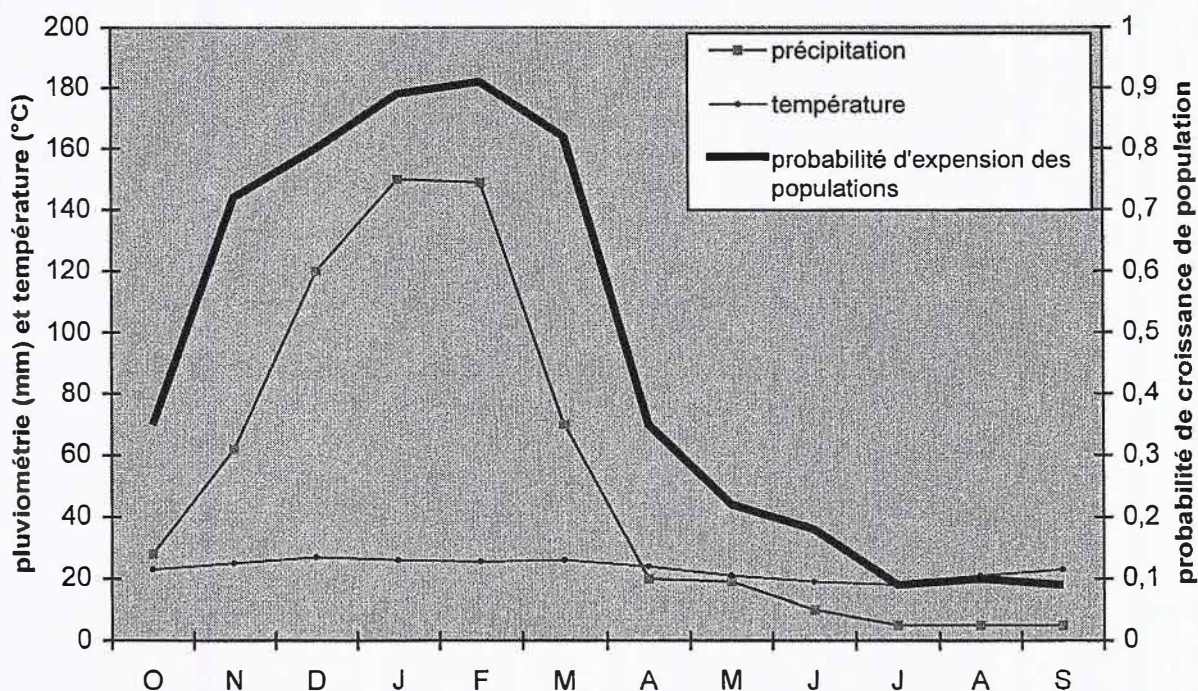


Figure 7.- Évolution comparée de la croissance de population du Criquet migrateur en fonction de la pluviométrie et de la température moyenne (d'après Darnhofer et Launois, 1974)

Darnhofer et Launois (1974) ont analysé vingt années d'archives pour arriver à déterminer quels étaient les facteurs climatiques favorisant le Criquet migrateur. Ils ont défini une probabilité d'expansion des populations : fréquence du nombre de fois où les populations en place ont vu leurs effectifs s'accroître

pendant la période 1952-1970 en fonction de chaque mois durant une année moyenne (figure 7). Cette courbe des probabilités de croissance présente des fluctuations très significatives au cours de l'année. La meilleure probabilité de croissance s'observe en saison chaude et humide (Octobre à Avril). En règle générale, le rapport de la natalité sur la mortalité est positif pendant une moitié de l'année et négatif pendant l'autre moitié.

On remarque sur la figure 7, la relation très claire entre la probabilité de croissance des populations et la pluviométrie moyenne mensuelle, surtout en saison chaude lorsque la température ambiante dépasse 25°C. On voit là un des principaux facteurs favorisant l'expansion des populations acridiennes.

Les mêmes auteurs ont ensuite mis en évidence l'**optimum pluviométrique** de développement pour les trois états (œuf, larve et adulte) des solitaires et des grégaires : il est atteint dans la gamme pluviométrique de 50 à 100 mm par mois (100 à 150 mm sur sol sableux) pour les solitaires et entre 25 et 150 mm par mois pour les grégaires.

Pour mieux comprendre ce que représente l'optimum pluviométrique pour une population acridienne, on peut décrire l'effet des pluies cumulant 50 à 100 mm d'eau par mois (Launois, 1974a) :

- Effet sur les œufs : ce type de pluviométrie permet l'hydratation des oothèques fraîchement déposées dans le sol, la levée de la quiescence des œufs, le déclenchement de l'éclosion des pontes en fin d'incubation et en règle générale, l'accélération de la vitesse du développement embryonnaire.
- Effet sur les larves : les pluies favorables agissent surtout grâce à l'alimentation et à l'humidité relative ambiante pour raccourcir la durée des stades, diminuer le nombre de mues surnuméraires, accélérer le taux de croissance et améliorer les possibilités de survie climatique.
- Effet sur les imagos : cette séquence de pluie favorise l'apparition de jeunes adultes, diminue le temps nécessaire au durcissement cuticulaire et le délai de maturation sexuelle, lève la quiescence ovarienne imaginale, accroît la fécondité des femelles et la fertilité des œufs, et limite le nombre de régressions ovocytaires.

Simultanément, l'alimentation du criquet s'améliore beaucoup grâce à l'apparition de repousses, la reprise de la turgescence des organes plasmolysés, la germination de quelques espèces et le déclenchement de la floraison de certaines graminées.

Lecoq (1975) démontra qu'un insecte en déséquilibre hydrique avec son milieu augmente ses activités de déplacement tant qu'il n'a pas rejoint des conditions compatibles avec ces exigences. Des départs massifs d'ailés sont notés dans le cas de trop fortes ou de trop faibles pluies. Pour les fortes pluviométries (au dessus de 150 mm par mois) la survie est plus faible chez les adultes que chez les larves. On doit sûrement y voir une adaptation, puisque les larves disposent de possibilités de déplacement beaucoup plus faibles que les adultes et ne pouvant pas fuir, elles doivent donc s'accommoder de leur environnement.

3-1-3-3 Facteur alimentaire

Dans la nature le Criquet migrateur en phase solitaire est essentiellement graminivore. Seulement 5% des matériaux constituant ses ergestas ne sont pas d'origine graminéenne. Les espèces ingérées sont souvent des graminées méso-hygrophiles de grande extension géographique, présentent communément dans les formations herbeuses du Sud et du Sud-Ouest de l'île d'une part, des espèces anthropophiles des friches et des jachères d'autre part (Duranton *et al.*, 1977).

L'influence sur la physiologie de l'insecte est considérable, tant au point de vue vitesse de développement que taux de croissance et mortalité. Cependant l'état physiologique et phénologique des graminées consommées dépend beaucoup des pluies. La végétation graminéenne constitue une sorte de relais entre le climat et l'insecte. Dans certaines situations, l'alimentation permet une réponse pratiquement immédiate aux pluies (début de saison chaude), dans d'autres circonstances, elles tamponnent les effets de variation du milieu.

3-1-4 Conclusion partielle

Le Criquet migrateur malgache *Locusta migratoria capito* (Sauss.) est un acridien typiquement **mésophile** par rapport à l'ensemble des milieux représentés dans son aire d'habitat. Ce caractère conditionne la plus grande partie de son cycle biologique annuel car sa survie et sa multiplication en dépendent.

Soulignons que les individus en phase grégaire ont moins d'exigences par rapport au milieu : plage pluviométrique optimale plus large et possibilités de régulations thermiques. Ils ont donc une aire de dispersion beaucoup plus étendue (figure 8). Cette « résistance » associée à une grande capacité de dispersion serait une explication adaptative de la grégarisation. La formation d'essaims permettrait à l'espèce de coloniser de nouveaux milieux inaccessibles aux individus solitaires.

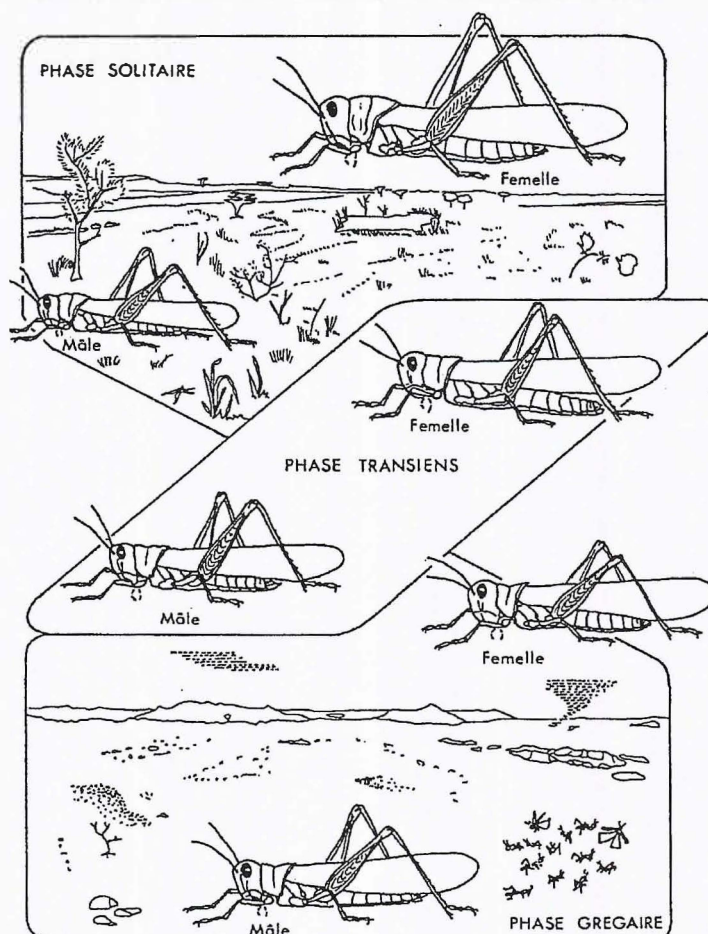


Figure 8.- Changement des formes de biotopes du Criquet migrateur en fonction de l'état phasaire des individus (Duranton et al., 1982)

- Le rythme idéal des précipitations est de 2 pluies d'une dizaine de millimètres par semaine.
- Thermiquement, il peut satisfaire ses besoins caloriques entre 25 et 40°C de température moyenne en modifiant son temps d'exposition au soleil. Dans la pratique, il est seulement limité en dessous du seuil inférieur de l'optimum thermique.
- Du point de vue environnemental, il montre une préférence très nette pour les formations herbacées du type steppe non arborée avec un recouvrement global d'environ 60%. On le rencontre aussi dans les savanes, moins fréquemment sur les pelouses et très rarement en forêt. Pratiquement exclusivement graminivore à la phase solitaire, il a une préférence pour les friches et les jachères.

A condition que la température soit suffisante, **le facteur hydrique est le facteur clé de l'écologie du Criquet migrateur**. Sans arrêt de développement, il s'est adapté à l'évolution saisonnière des pluies dans son aire d'habitat en développant une grande aptitude à la migration. Le résultat de ces déplacements est une localisation des populations de Criquet migrateur au niveau de zones qui, essentiellement sur le plan pluviométrique, leur sont les plus favorables. Nous allons voir que ces éléments ont servi à la définition de l'aire grégarigène et à la mise en place d'un système d'avertissement acridien.

3-2 Le Criquet nomade, *Nomadacris septemfasciata* (Serville, 1838)

Nomadacris septemfasciata est une espèce migratrice de grande taille, atteignant de 60 à 70 mm de longueur. Elle est appelée Criquet nomade à cause de son comportement ou Criquet rouge à cause de la couleur de ses ailes³. Elle fait partie de la famille des *Acrididae* et de la sous famille des *Cyrtacanthacridinae*.

Des populations solitaires de Criquet nomade se trouvent dans l'ensemble de l'Afrique au sud du Sahara, aux îles du Cap-Vert, à Madagascar, aux Comores, à l'île de la Réunion et à l'île Maurice.

3-2-1 Dégâts

Le Criquet nomade est beaucoup plus polyphage que le Criquet migrateur, il s'attaque aussi bien aux monocotylédones, qu'aux dicotylédones. Les dégâts sont observés sur le maïs, la canne à sucre, le sorgho, l'arachide, le manioc, le bananier, le palmier, le sisal et le manguier. Il ne s'attaque pas au riz irrigué.

Des champs mal entretenus servant de refuges aux larves sont attaqués de préférence. Les bordures de champs avec de hautes graminées sont infestés. Une fois la végétation de la bordure dévorée, les larves pénètrent dans le champ avoisinant.

3-2-2 Cycle de développement

Le Criquet nomade passe par trois états biologiques au cours de sa vie (figure 9):

- L'état embryonnaire, l'œuf,
- L'état larvaire, la larve (aptère),
- L'état imaginal, l'ailé ou l'imago (le terme d'adulte est réservé pour designer un individu sexuellement mûr).

Le passage par ces trois états représente une génération. **Il n'a qu'une génération par an**. La reproduction a lieu en saison chaude et humide. Les ailés passent la saison fraîche et sèche en état de diapause imaginale, à des distances parfois considérables des aires de reproduction.

3-2-2-1 L'état larvaire

A partir de novembre, les femelles déposent leurs œufs. La période de ponte s'étend jusqu'à février. Les larves éclosent 24 à 28 jours plus tard et sont présentes de décembre à mars avec un maximum en janvier et février.

Les individus passent par six à sept stades larvaires. La discrimination des stades est facilitée par la présence de stries oculaires : après chaque mue, une strie s'ajoute.

- STADE 1 (L1) : longueur environ 8 mm, yeux noirs, 13 à 14 articles d'antenne, ailerons dirigés vers le bas.
- STADE 2 (L2) : longueur environ 12 mm, 2 stries oculaires, 17 articles d'antenne et ailerons dirigés vers le bas.
- STADE 3 (L3) : longueur environ 18 mm, 3 stries oculaires, 20 articles d'antenne et ailerons dirigés vers le bas.

³ Red locust en anglais et *Valala mena elatra* en malgache.

- STADE 4 (L4) : longueur environ 22 mm, 4 stries oculaires, 22 articles d'antenne et ailerons dirigés vers le bas en arrière.
- STADE 5 (L5) : longueur environ 28 mm, 5 stries oculaires, 24 articles d'antenne et ailerons dirigés vers le bas en arrière.
- STADE 6 (L6) : longueur environ 32 mm, 6 stries oculaires, 25 articles d'antenne et ailerons dirigés vers l'arrière.
- STADE 7 (L7) : longueur environ 50 mm, 7 stries oculaires, 28 articles d'antenne et ailerons dirigés vers l'arrière.

Les larves éclosent environ trois semaines après la ponte. Le développement larvaire au complet dure environ deux mois.

3-2-2-2 L'état adulte

Comme pour le Criquet migrateur, on distingue 5 stades adultes pour les femelles et trois pour les mâles.

- STADE 1 : mâles et femelles venant de muer, à téguments encore mous,
- STADE 2 : femelles à téguments durs, ovaires en prévitellogénèse,

- Diapause imaginale -

- STADE 3 : femelles à téguments durs, ovaires en vitellogénèse, n'ayant pas pondu,
- STADE 4 : femelles à téguments durs ayant pondu, aspect jeune⁴,
- STADE 5 : mâles et femelles à téguments d'aspect âgé (tégument usé et maculé, ailes rognées).

A la fin de la saison des pluies (mois de mars, avril), les derniers adultes de l'ancienne génération disparaissent alors que les premiers jeunes ailés de la nouvelle génération font leur apparition. La maturation sexuelle (passage au stade 3) a lieu au début de la saison des pluies. Le Criquet nomade reste donc la majeure partie de son existence (de mars à octobre) au stade 2 immature. Cette diapause semble provoquée par l'établissement saisonnier de conditions climatiques défavorables au développement des individus : abaissement rapide de l'état hygrométrique de l'air, diminution générale de la température avec écarts nycthémeraux importants (Frappa, 1948).

3-2-3 Comportement phasaire et grégarisation

Le Criquet nomade est aussi un acridien grégariapte. Les principaux foyers de grégarisation connus se trouvent en Afrique de l'Est au voisinage de la Rift Valley. A Madagascar, la phase grégaire extrême ne semble pas s'exprimer. La grégarisation s'arrête à la phase intermédiaire appelée *transiens*. Parallèlement, le comportement des solitaires ne correspond que rarement à la phase solitaire. Les populations ont presque toujours tendance à se grouper en taches ou en bandes à l'état larvaire car les sites de pontes favorables au *Nomadacris* sont assez restreints (Duranton, c.p.).

En fait le Criquet nomade se situe à la limite entre les locustes et les sauteriaux. Son seuil de densation est très élevé, environ 10 000 ailés par hectare (Duranton *et al.*, 1982). Malgré tout il arrive à former des bandes larvaires et des essaims, parfois monospécifiques, parfois en association avec le Criquet migrateur.

⁴ Les stades 2,3 et 4 sont regroupées en un seul stade chez les mâles : tégument dur et aspect jeune

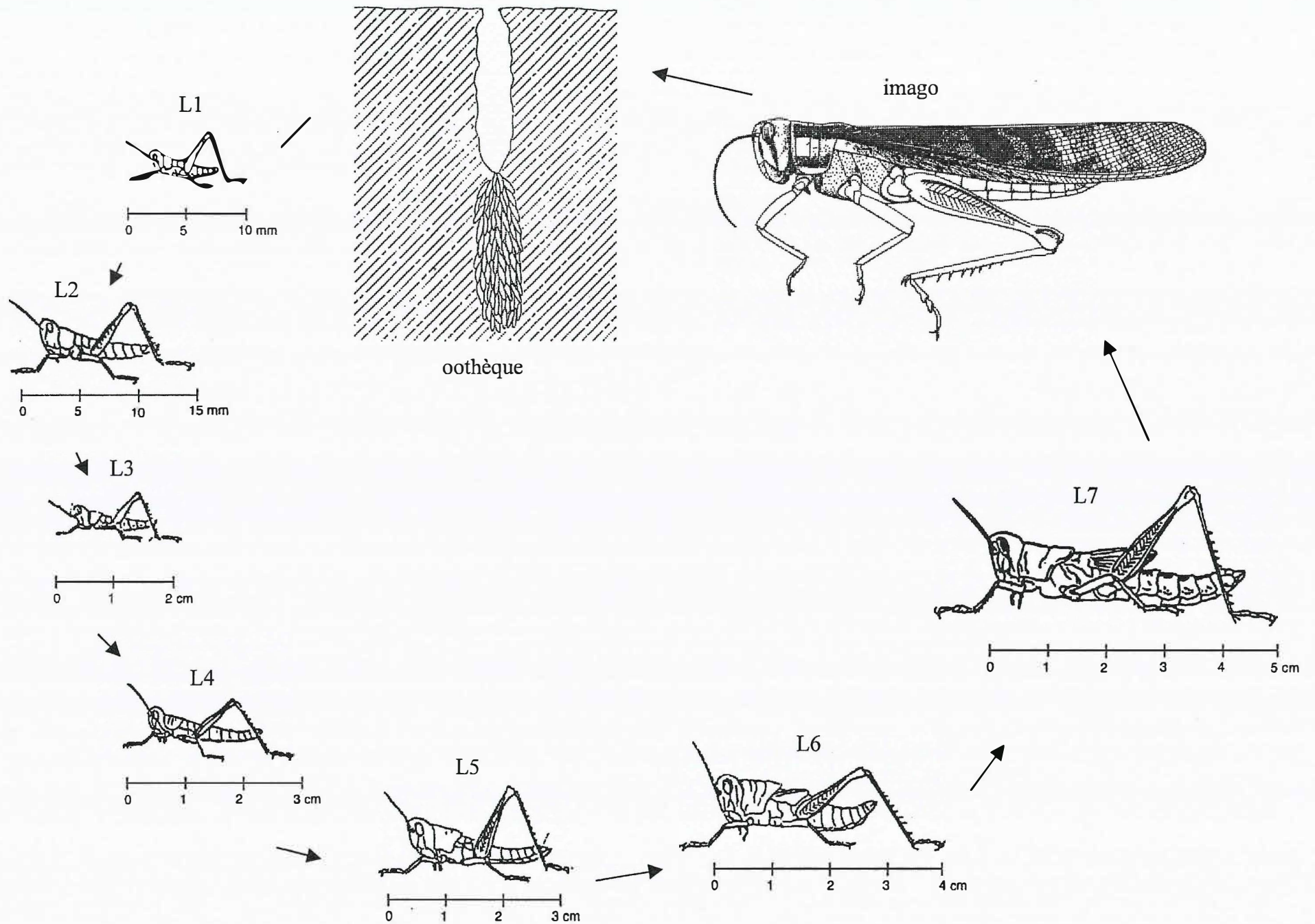


Figure 9.- Cycle de développement du Criquet nomade

3-2-4 Bio-écologie du Criquet nomade

Le Criquet nomade qui, anciennement ne posait qu'épisodiquement des problèmes simples de défense rapprochée des cultures devient maintenant un fléau chronique et extensif à Madagascar. L'invasion qui a éclaté en 1997 l'a amené au premier plan. Malheureusement, aucune étude scientifique ne permet de délimiter clairement ces exigences écologiques.

Le Criquet nomade est, semble t-il, très exigeant vis-à-vis du facteur hydrique. Il recherche activement les milieux humides, avec de grandes étendues herbeuses, dans les bas-fonds, les plaines saisonnièrement inondées, avec quelques ligneux (*Acacia farnesiana* ou *Mangifera indica*) pour satisfaire son tempérament semi-arboricole. Ses biotopes favorables sont des savanes arbustives dont la strate herbeuse est occupée par *Hyparrhenia rufa*, voire *Cynodon dactylon*.

Il semble que les récentes transformations des biotopes (déforestation, culture sur brûlis *tavy*) ont bénéficié au Criquet nomade. La culture sur abattis brûlis laisse derrière elle des champs en friche et non débroussaillés (friches post-culturelles), livrant des conditions idéales de reproduction pour le Criquet nomade. Par ailleurs, la rudéralisation entraîne un ruissellement accru et l'extension de nouveaux milieux hygrotrophes (Duranton, 1996). Ceci profite encore au *Nomadacris* qui vit préférentiellement dans les milieux humides.

Un programme de recherche permettant de quantifier les exigences de ce ravageur devrait commencer dans les mois qui viennent.

4- LE CONCEPT D'AIRE GREGARIGENE

4-1 L'aire grégarigène du Criquet migrateur à Madagascar

4-1-1 La théorie

Les mécanismes conduisant au départ d'invasions généralisées et à la formation d'essaims ont plus de chances de se réaliser dans certaines zones géographiques bien précises, les aires grégarigènes. Les aires grégarigènes sont donc un ensemble de régions entre lesquelles se font des échanges réguliers de populations, aboutissant certaines années à de véritables grégariations. Elles forment donc des ensembles fonctionnels géographiquement définis et sont incluses dans l'aire d'habitat permanent du locuste. Or chaque locuste doit satisfaire des exigences particulières pour réaliser la transformation phasaire de l'état solitaire à l'état grégaire. C'est pourquoi les aires grégarigènes connues diffèrent selon les espèces.

L'aire grégarigène est un ensemble de régions présentant des complémentarités écologiques spatio-temporelles qui permettent le maintien de l'espèce et, dans certaines situations, la grégariation primaire. L'aire d'invasion est l'ensemble des régions colonisables par les populations grégaires. (figure 10).

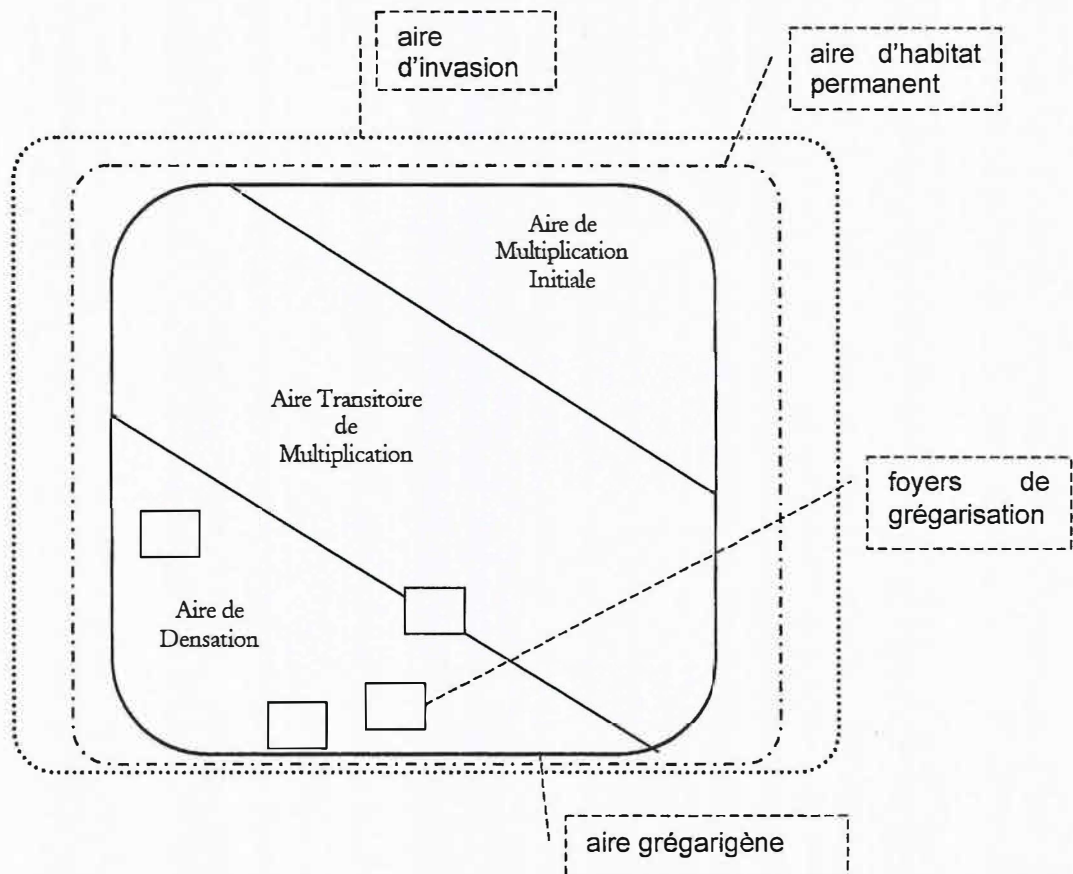


Figure 10.- Définition symbolique de quatre concepts importants dans la compréhension et la lutte contre les locustes

4-1-2 Application au cas de Madagascar et de *Locusta migratoria capito*

Il est clair que ce ne sont pas les aires qui sont grégarigènes mais certaines conditions écologiques. C'est donc en croisant les exigences bio-écologiques du locuste et la connaissance des zones bioclimatiques de Madagascar que l'on peut définir cette l'aire grégarigène.

L'aire grégarigène est donc la partie de l'île où les criquets trouvent les conditions favorables pour leur développement mais surtout pour leur densation et le passage de la phase solitaire à la phase grégaire.

Nous avons vu que le facteur écologique discriminant dans le cas du Criquet migrateur malgache à Madagascar était la pluviométrie. Le facteur hydrique et par voie de conséquence tous les facteurs agissant sur la répartition de l'eau ont une importance particulière. Le facteur thermique au contraire, apparaît comme secondaire.

Le Criquet migrateur peut rarement trouver des conditions pluviométriques idéales pendant trois mois consécutifs sur de grandes surfaces. Aussi, il n'a que très peu de chances de survivre en restant sédentaire. Par contre, la probabilité d'accroissement des populations est très améliorée si une partie des adultes parvient pendant la saison chaude à rejoindre des **aires pluviométriquement adéquates**. Il est prouvé que l'insecte parvient à découvrir les régions soumises à la séquence pluviométrique optimale dans la mesure où celle-ci existe (Darnhofer et Launois, 1974).

Le Sud et le Sud-Ouest de Madagascar sont les seules parties de l'île où l'optimum pluviométrique peut se maintenir pendant 5 mois consécutifs en saison chaude, alors que le Nord-Ouest n'est pluviométriquement favorable qu'en début et en fin de saison des pluies (Duranton *et al.*, 1977, Andriamalala, 1998). La partie Est quant à elle, reste toujours trop humide.

La mousson qui descend du Nord vers le Sud a tendance à concentrer les insectes dans le Sud de Madagascar. Cette migration vers le Sud de l'île est favorisée par les vents dominants de début de saison des pluies qui sont orientés du Nord-Est vers le Sud-Ouest et par l'existence de voies privilégiées de déplacement orientées Nord-Sud (Lecoq, 1975). A l'inverse en saison sèche, le régime des vents s'inverse et à pour effet de redisperser tous les ailés dans l'ensemble de l'aire d'habitat, c'est à dire sur tout le versant oriental de l'île. Si une grégarisation s'est produite au cours de la saison des pluies, se sera alors tout le versant oriental de Madagascar qui sera immédiatement envahi par des essaims à la saison sèche suivante. La figure 11 schématise les déplacements des quatre générations du Criquet migrateur malgache à l'état solitaire.

On remarque sur cette figure qu'au milieu de la saison des pluies, les populations se concentrent sur la partie Sud-Ouest de l'île, seule région où persistent des milieux favorables au Criquet migrateur. En pleine saison sèche, de mai à septembre, mis à part la côte Est, l'ensemble de l'île reste très sec et les populations R1 restent dispersées.

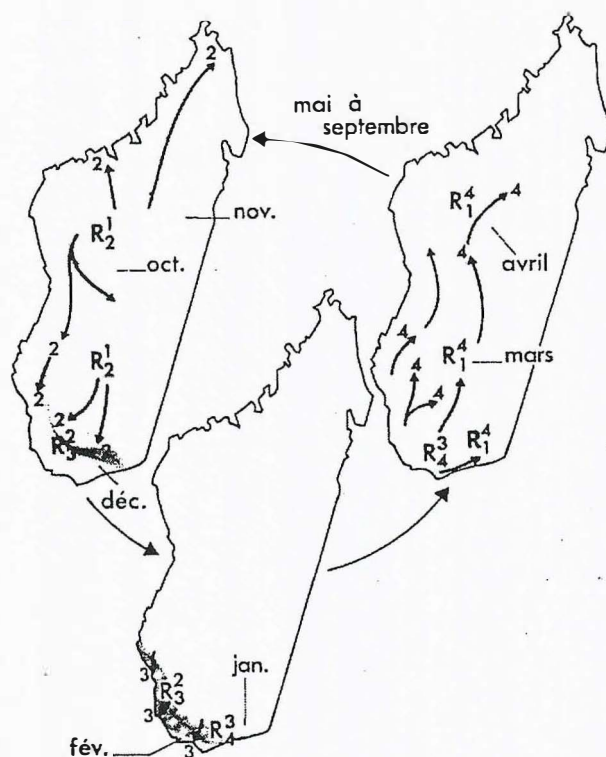


Figure 11.- Cycle annuel du Criquet migrateur en phase solitaire (Duranton et al., 1982)

Les flèches indiquent la direction des migrations permettant à l'insecte de suivre le déplacement saisonnier des zones favorables. Pour chaque génération désignée par la lettre R, l'exposant désigne l'appartenance des aîlés à une génération donnée et l'indice, celle de la descendance.

L'aire grégarigène se situe donc dans le Sud de l'île. C'est la zone au climat semi-aride. Elle s'étale entre les fleuves du Mangoky et du Mandrare, soit environ 65 000 km². La délimitation exacte de l'aire grégarigène a souvent été discutée (Wintrebert, 1975). Il semble tout de même qu'en période de rémission, le Criquet migrateur n'ait pas la possibilité de pulluler ailleurs que dans l'aire grégarigène.

L'aire grégarigène présente donc une structure écologique (essentiellement climatique et végétale) qui lui confère une réalité géographique. Au sein de l'aire grégarigène, il existe trois aires écologiquement complémentaires pour la grégarisation du Criquet migrateur.

4-1-3 Classification pluviométrique des régions naturelles de l'aire grégarigène

Duranton (1974) distingue trois régions naturelles dans le Sud-Ouest malgache en relation avec les exigences du *Locusta migratoria capito*. Il définit une région naturelle comme « comme un ensemble où le climat, la nature du sol, l'activité humaine, la structure géomorphologique, le système hydrographique ne subissent que des fluctuations de détails assurant la réalisation d'un environnement homogène. ». Cette présentation des régions naturelles liée avec l'étude des contraintes pluviométriques, vise à préciser les variations des structures écologiques des biotopes acridiens dans l'aire grégarigène du Criquet migrateur malgache. Ces variations ont une signification sur l'évolution des populations acridiennes dans le temps et dans l'espace. On distingue donc :

- L'Aire de Multiplication Initiale (AMI) ou l'optimum pluviométrique a la plus de chances d'être réalisé en début et en fin de saison des pluies avec la possibilité de régulation des effectifs par hyper-humidité durant la saison chaude et pluvieuse. Les stations acridiennes sont très ouvertes et la colonisation peut s'étendre sur de grandes surfaces.

- L'Aire Transitoire de Multiplication (ATM). La probabilité de réaliser l'optimum pluviométrique est maximum en saison des pluies avec toutefois la possibilité de régulation des effectifs par hyper-humidité durant l'acmé de la saison pluvieuse et aussi de régulation par hyper-siccité durant l'hiver austral. Les stations acridiennes sont étroitement liées au système hydrologique. Elles sont ouvertes, mais limitées écologiquement aux zones mésotrophes.
- L'Aire de Densation (AD). La probabilité de réalisation de l'optimum pluviométrique ne devient importante que durant les mois de l'acmé de la saison pluvieuse. Seule la régulation des effectifs par hyper-siccité doit être envisagée. Les stations sont toujours fermées (type clairières), elles sont, de plus, souvent cloisonnées par des haies vives.

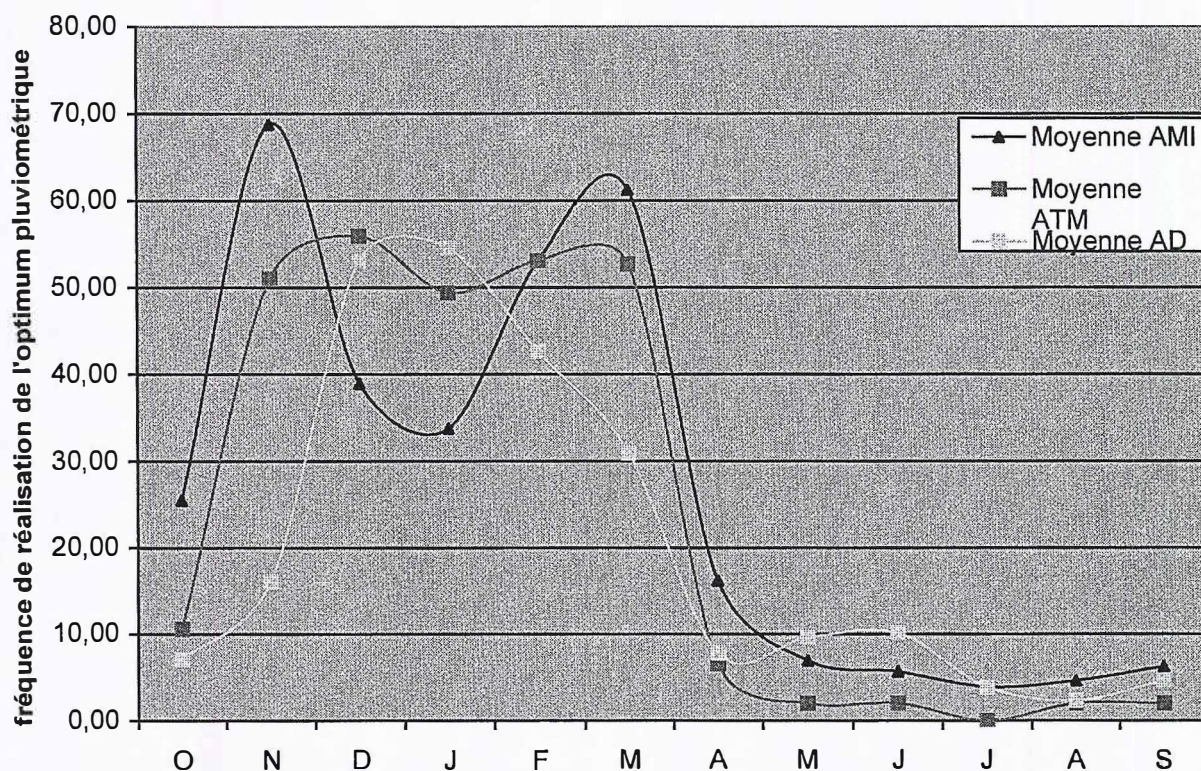


Figure 12.- Évolution annuelle de la fréquence de réalisation de l'optimum pluviométrique mensuel du Criquet migrateur entre 1939 et 1974 dans les trois zones de l'aire grégarigène (d'après Darnhofer et Launois, 1974)

La figure 12 dressée par Darnhofer et Launois (1974) montre clairement la complémentarité pluviométrique des trois zones. Le déplacement de l'optimum pluviométrique au cours de la saison des pluies est suivi par le déplacement des aîlés.

La figure 13 illustre les trois sous ensembles de l'aire grégarigène avec la frange marginale (Aire Grégarigène Transitoire Est, Centre et Ouest : AGT-E, AGT-C, AGT-O) qui forme l'aire grégarigène *sensu lato*. Il est possible d'étendre les limites de l'aire grégarigène à l'Ouest et au Nord-Est lorsque les densités de *Locusta* ont tendance à augmenter et surtout que des transformations phasaires sont visibles. A ce moment là, le Criquet migrateur devient légèrement plus résistant aux conditions extérieures et peut se disperser et se reproduire sur de nouveaux territoires (Duranton, c.p.). Nous parlerons donc d'aire grégarigène, *sensu stricto*, ou *sensu lato* dans le cas où nous englobons les franges Ouest et Nord. Enfin l'ensemble de l'aire d'invasion peut être classée en zone relativement homogènes (figure 14)

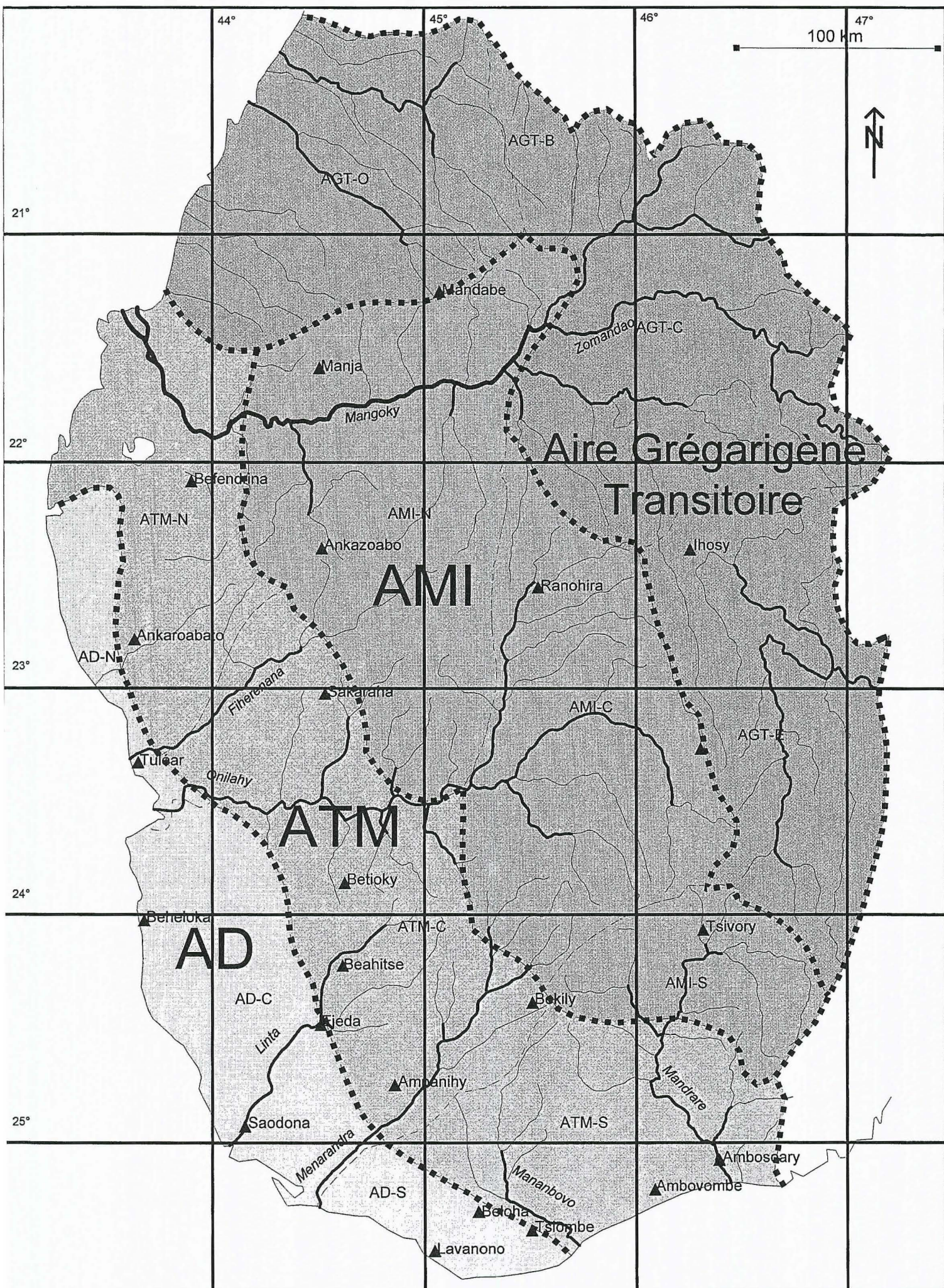


Figure13. - Sous ensembles complémentaires de l'aire grégarienne du Criquet migrateur malgache

4-1-3-1 L'Aire de Multiplication Initiale

Description physique

Ce domaine rassemble le plateau de l'Horombe, l'Isalo, les régions comprises entre l'Isalo et le complexe Anavelona- Mikoboka-Makay, les plaines et les plateaux du sud Mangoky, la région de Manja et Mandabe, la région de Sakaraha, le Nord de la pénéplaine de Bekily-Fotadrevo, et le cirque Manambien.

Sur le plateau de l'Horombe, le substrat géologique est de nature cristalline, il est recouvert de sols ferralitiques plus ou moins épais. Le climat est de type sub-semi-aride adouci. Ce vaste plateau anciennement pénéplainisé coïncide avec le haut bassin versant de l'Onilahy. Le substrat géologique cristallin de la partie Nord est recouvert d'une carapace latéritique, celle-ci disparaît progressivement vers le sud pour laisser place à des sols ferrugineux tropicaux squelettiques. L'ensemble forme un plan doucement incliné du Nord-Est vers le sud-ouest, bordé, sur toute sa limite occidentale par une dépression formant une sorte de fossé longeant l'Isalo.

Le massif de l'Isalo et ses piedmonts s'étendent du Mangoky à l'Onilahy. Il est dominé par la présence de l'imposant massif ruiniforme de l'Isalo. Ce massif culmine à plus de 1300 m d'altitude. Il est formé de deux ensembles, le massif nord et le massif sud, séparés par une dépression qu'emprunte la nationale n°7. Il est constitué de puissants dépôts gréseux profondément entaillés par l'érosion. Le piedmont Ouest de l'Isalo a un substrat géologique d'origine sédimentaire, il est couvert d'un épais dépôt de sables grossiers détritiques résultant de la dégradation du massif ruiniforme de l'Isalo. Le climat d'altitude sub-semi-humide adouci qui règne dans cette région est nettement moins humide que celui de l'Horombe.

Le cirque Manambien est particulier par son substrat géologique d'origine volcanique, aussi présente-t-il des sols ferrugineux tropicaux plus ou moins squelettiques et rocaillieux.

Dans l'AMI, les milieux sont très ouverts. La végétation est essentiellement constituée de steppes et de savanes hautes ou moyennes.

Conséquences acridiennes

Du point de vue acridien, l'Aire de Multiplication Initiale est la zone où le Criquet migrateur a le maximum de chances de se reproduire après la saison sèche. Le premier pic de densité s'observe en novembre. Auparavant, la sécheresse et les basses températures constituent les facteurs limitants. Le deuxième pic apparaît en mai. Entre les deux, la régulation se fait par hyper humidité. Après mai, la sécheresse est de nouveau dominante (Darnhofer et Launois, 1974).

4-1-3-2 L'Aire Transitoire de Multiplication

Description biophysique

Ce domaine est constitué du Nord au Sud, du couloir de Befandriana, de la zone d'Andranovory, de la haute vallée de l'Onilahy, du plateau de Betioky, de l'arc interne du plateau Mahafaly (région d'Ejeda et Ampanihy), du Sud de la pénéplaine de Bekily, du bassin d'Ambovombe et de la plaine côtière du Sud-Est Antandroy.

Le climat de ces régions est de type sub-semi-aride chaud dont la pluviosité annuelle moyenne ne dépasse pas 700 mm (mis à part dans les zones plus septentrionales). Le substrat géologique des basses terres de l'intérieur est d'origine sédimentaire. A l'exception du couloir de Befandriana (zone endoréique), le système hydrographique de l'ensemble de cette zone est exoréique. Des dépôts de sables roux y occupent des surfaces importantes.

Ce grand domaine est limité au Nord-Est par le massif de l'Anavelona qui est globalement orienté Nord / Sud. Avec d'autres formations secondaires, il coupe le couloir de Befandriana de son arrière pays.

La végétation de ce domaine est essentiellement formée de steppes et de pelouses ; le recouvrement est généralement faible et les formations herbeuses pures sont exceptionnelles, par contre les formations mixtes occupent des surfaces importantes.

Conséquences acridiennes

L'ATM est donc formée par des zones servant de relais aux insectes en début et en fin de saison des pluies. Elle constitue aussi des lieux de multiplication estivale. Le Criquet migrateur chassé par les fortes pluviométries de l'intérieur en décembre, passe sur cette aire de relais. Selon le type de saison des

100 km

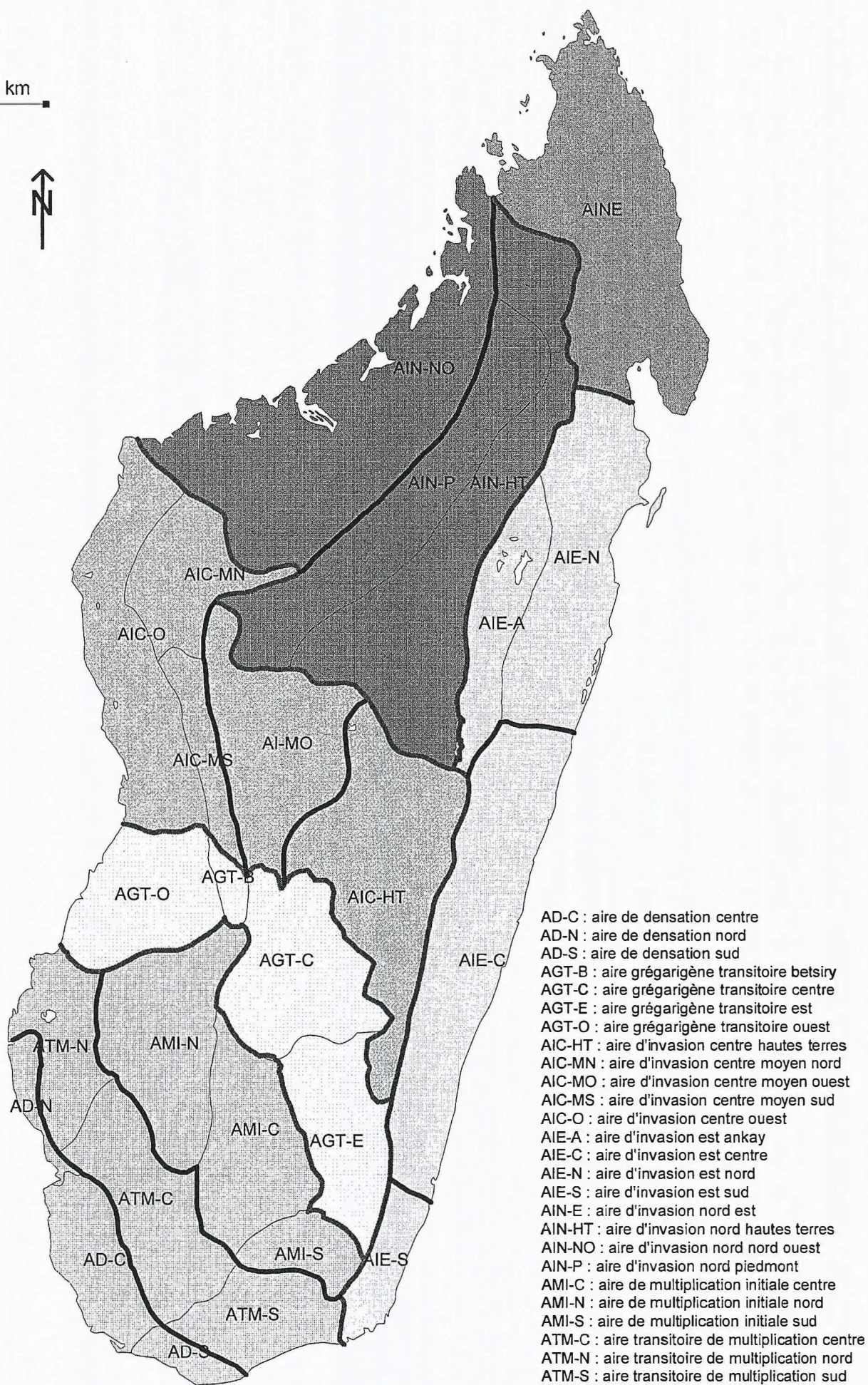


Figure 14.- Limites de l'aire grégarigène et des aires d'invasion du Criquet migrateur malgache (d'après Duranton, 1998)

pluies, il poursuit son avancée vers la côte ou bien se reproduit sur place et se disperse ensuite vers l'intérieur des terres (Darnhofer et Launois, 1974).

4-1-3-3 L'Aire de Densation

Description biophysique

L'AD rassemble les plaines côtières et leurs arrières pays respectifs (plateaux calcaires Karimbolo et Mahafaly). Les groupements ligneux qui occupent d'importantes surfaces dans ce domaine présentent en dépit d'une notable diversité régionale de profondes affinités floristiques et leur extension peut être utilisée pour préciser les limites du domaine côtier. Ceci conduit à y adjoindre la forêt des Mikea. Le domaine côtier peut ainsi être défini comme une bande de terrain, de basse altitude (inférieure à 300 m) et d'environ 40 à 60 km de large, qui s'étend du sud du Delta du Mangoky à l'Ouest de l'embouchure du Mananbovo. Le climat est sub-aride chaud : la pluviométrie annuelle est inférieure à 400 mm. Cependant comme nous l'avons déjà signalé, le climat devient moins sec dans la partie est de la plaine côtière Antandroy où apparaît un gradient pluviométrique décroissant d'Est en Ouest. Il existe une grande variabilité dans la répartition des pluies ; certaines zones de la plaine côtière peuvent avoir une pluviométrie nulle pendant 18 mois consécutifs. Les sols sont ordinairement sableux d'origine dunaire, sur les plaines côtières ou pédimentaires. Cette zone est partout aréique.

En dehors des clairières du plateau Mahafaly, toutes les formations herbeuses stabilisées sont des pelouses, les groupements anthropiques sont extrêmement nombreux.

Conséquences acridiennes

En saison des pluies, pendant le parcours du Nord-Est vers le Sud-Ouest du Criquet migrateur, au moins une reproduction a lieu au moment où les effectifs atteignent leur valeur annuelle maximale. Cette reproduction se fait là où les surfaces colonisables sont les plus réduites (Launois, 1973). Or, du point de vue pluviométrique, le Criquet migrateur ne peut pas trouver, avec une probabilité aussi élevée, des conditions aussi proches de son optimum pluviométrique de développement dans d'autres parties de l'île. Il se produit obligatoirement un phénomène de densation à l'acmé de la saison chaude : **augmentation du nombre d'ailés coïncidant avec une restriction des surfaces colonisables**. Ce phénomène se produit sur l'AD, régions adossées à la mer où la probabilité de grégarisation primaire est maximale.

Au cours de son trajet, passant par l'AMI, l'ATM pour arriver à l'AD, le Criquet migrateur rencontre des surfaces colonisables de plus en plus restreintes. Par ailleurs nous avons vu que dans l'AMI, le tapis végétal herbacé est essentiellement constitué de savanes et de steppes hautes et moyennes souvent relativement denses. Dans l'ATM, dominent les steppes basses et les pelouses claires. Enfin dans l'AD, les pelouses rases dominent partout (à l'exception des clairières Mahafaly). Outre le fait que les surfaces colonisables se réduisent progressivement lors des déplacements Nord-Est, Sud-Ouest, il s'ajoute un phénomène supplémentaire de densation dû à la réduction des possibilités de dispersion verticale lié au changement des formations végétales. Ceci contribue d'autant à l'augmentation de la densité.

De plus la rudéralisation des stations acridiennes va croissant de l'AMI à l'AD, par conséquent le *Locusta migratoria* rencontre au cours de ses déplacements du début de saison des pluies des biotopes de plus en plus favorables du point de vue alimentaire.

4-2 L'aire grégarigène du Criquet nomade à Madagascar

Pour arriver à définir clairement une aire grégarigène, il faut connaître parfaitement les exigences écologiques du locuste, or ce n'est pas le cas pour *Nomadacris* à Madagascar.

Nous savons seulement qu'il est présent dans toute l'aire grégarigène à l'exception des plaines côtières Mahafaly et Antandroy. Il est particulièrement présent dans le cirque Manambien et dans la cuvette d'Andranovory, deux lieux réputés pour leur forte hygrométrie. Aussi le retrouve t-on principalement dans les savanes hautes à *Hyparrhenia nefa*.

A la fin du mois d'avril 1996, Duranton (1996) identifie deux autres foyers majeurs de pullulation :

- Les clairières culturales de la forêt des Mikea
- L'arc oriental du plateau Mahafaly, en particulier les clairières culturales et post-culturales.

Cependant il semblerait qu'un nombre considérable de foyers de grégariations existe au sein même de l'aire grégarigène du Criquet migrateur (et peu être ailleurs). Le recoupement des foyers de grégariation du *Locusta* et du *Nomadacris* peut entraîner une synergie phasaire entre les deux espèces. Il semble en effet que des densités relativement faibles de *Locusta* associées à des pullulations de *Nomadacris* suffisent pour que le Criquet migrateur amorce sa transformation phasaire (Duranton, 1996). Le premier bénéficiaire de cette synergie phasaire est le *Locusta* qui a le seuil de grégariation le plus bas. Au delà, les populations grégaires de Criquet migrateur peuvent accélérer la grégariation du Criquet nomade.

Si l'aire grégarigène du Criquet nomade n'est pas définie, c'est que cet acridien n'a jamais posé de problèmes à grande échelle. Jamais jusqu'à l'invasion actuelle. Revenons sur les transformations qu'a subi l'environnement acridien au cours des trente dernières années pour dégager ce qui a pu favoriser ou défavoriser le *Nomadacris* et le *Locusta*.

4-3 Transformations des structures végétales de l'aire grégarigène

L'aire grégarigène du *Locusta migratoria* est donc située dans la zone semi-aride de Madagascar. Elle a été divisée en trois entités acridologiquement complémentaires. Cette distinction faite dans les années 70 a permis de mieux saisir les conditions dans lesquelles se faisait la grégariation. Cependant il convient de nuancer cette description presque trop parfaite. En effet chaque année a ses particularités météorologiques, aussi le Criquet migrateur ne fréquente t-il pas les mêmes lieux d'une année à l'autre. Très peu d'aîlés peuvent se rendre dans l'Aire de Densation si les conditions de l'Aire Transitoire de Multiplication restent favorables.

Mais cette aire grégarigène a surtout subi de profondes (et parfois irréversibles) transformations au cours des trente dernières années sous plusieurs effets relevés par Duranton (1996).

- Anthropisation localement brutale et destructrice : pratique non contrôlée de la culture itinérante sur brûlis, associée au prélèvement de bois d'œuvre et de chauffe et à la fabrication de charbon de bois
- Anthropisation progressive : augmentation des surfaces cultivées et des groupement végétaux post-culturels, plantations de raquette (*Opuntia sp.*) et de sisal (*Agave sp.*).
- Déprise agricole, principalement dans les régions côtières Mahafaly et Antandroy.
- Élevage extensif (bovins mais aussi caprins et ovins) omniprésent : dégradation de nombreuses formations ligneuses et renforcement de la rudéralisation.

L'ensemble des écosystèmes de l'aire grégarigène est touché particulièrement dans l'Aire de Densation et une partie de l'Aire Transitoire de Multiplication. Ces transformations sont le fruit d'une politique de gestion agro-sylvo-pastorale qui privilégie le très court terme au détriment d'un développement durable préservant le patrimoine régional mais aussi national et mondial⁵.

Sur le plan acridien aucun bilan quantitatif n'a encore été dressé. Malgré tout l'incidence des transformations de l'environnement acridien sur la dynamique du *Locusta* et de *Nomadacris* a été esquissée par Duranton (1996).

⁵ De nombreuses espèces endémiques sont en voie de disparition sans même avoir été identifiées.

4-3-1 Diversification de la gamme des biotopes présents dans certaines régions naturelles

Les formations ligneuses climaciques (bush xérophile, forêt sclérophile) sont remplacées par des formations herbeuses plus ou moins buissonneuses et/ou arbustives subissant parfois une forte dynamique évolutive progressive. Mais la plupart sont soumises à des feux périodiques.

C'est le cas de la forêt des Mikea⁶ qui présente aujourd'hui de vastes clairières ouvertes pour la culture de rente du maïs⁷. Ouvertes en zone semi-aride, dotées d'un couvert graminéen important, ces clairières offrent durant l'acmé de la saison chaude un refuge très favorable au *Locusta*.

La déforestation a aussi pour conséquences d'établir un nouveau gradient hydrique et de créer de nouvelles zones humides. Cet étalement du gradient hydrique au sein des formations herbeuses (clairières de dépression du plateau Mahafaly) accroît les chances pour l'acridien de trouver des conditions acceptables, sinon favorables, en réponse à des pluviométries d'une grande variabilité.

Par ailleurs l'élevage et le prélèvement de bois entraînent une rudéralisation accrue de groupements herbeux secondaires et contribuent à l'extension des groupements mésotrophes peri- et post-culturels.

4-3-2 Transformation du potentiel écologique de certains biotopes

Les formations ligneuses éclaircies présentent alors un sous-bois graminéen. Le renforcement de ce sous-bois fait perdre l'hostilité primitive des formations ligneuses pour les acridiens graminivores.

A l'inverse, certaines formations herbeuses ont été délaissées et ne sont plus soumises aux feux (dépressions du plateau Mahafaly). Ici, les strates arbustives et buissonneuses ont tendance à se renforcer.

4-3-3 Renforcement de la complémentarité écologique inter-régionale

L'ouverture de clairières dans la zone semi-aride de la forêt des Mikea dote l'Aire de Densation de nouvelles surfaces colonisables. La complémentarité climatique en cas d'hyper humidité sur les savanes du couloir de Befandriana est maintenant possible.

Ensuite l'augmentation et la diversification des surfaces colonisables dans la partie orientale du plateau Mahafaly permettent une plus grande probabilité au *Locusta* de bénéficier de conditions hydriques favorables durant l'acmé de la saison des pluies.

4-3-4 Renforcement de certaines voies privilégiées de déplacement

Les défrichements effectués le long de certains axes routiers (RN 7, layons pétroliers) en particulier entre Andranovory et Tulear augmente les liaisons entre des aires écologiquement complémentaires : liaison plateau Vineta - Plaine de Tulear.

De la même manière, le défrichement de galeries forestières entre Ejeda et Ampanihy et entre Tranoroa et Antanimora multiplie les chemins d'accès à des zones de grégation.

4-3-5 Modification des proportions des différents types de surfaces colonisables

Ces changements de proportion sont significatifs dans les Aires Transitoires de Multiplication et dans les Aires de Densation. Dans le cas des plateaux Mahafaly et Karimbolo, les limites entre ces deux aires sont devenues plus floues et la diversification de la gamme des biotopes rend le processus de densation et de grégation plus progressif dans le temps et dans l'espace.

⁶ Cette forêt était impénétrable dans les années 70.

⁷ Maïs exporté pour les besoins de l'élevage porcin à l'île de la Réunion !

4-3-6 Conclusion partielle

Globalement les transformations de l'environnement acridien se traduisent par :

- Un accroissement des surfaces des biotopes potentiellement favorables au Criquet nomade
- Une diversification des biotopes à *Locusta* qui procure à l'espèce :
 - ✓ Une meilleure complémentarité éco-climatique dans le Nord de l'aire grégarigène (couloir de Befandriana et forêt des Mikea) ;
 - ✓ Une meilleure complémentarité écologique entre les ATM de Bekily-Fotadrevo et les AD du plateau Karimbolo et Mahafaly où la grégarisation devient plus progressive et les biotopes refuges plus étendus.
- Une complexification des processus de densation et de grégarisation :
 - ✓ Attraction des populations migrantes par de vastes surfaces de formations herbeuses ;
 - ✓ Regroupement dans les biotopes mésotrophes ;
 - ✓ Éventuelle synergie phasaire lorsque le *Locusta* et le *Nomadacris* sont en mélange ; le potentiel offensif des deux espèces de locustes s'en trouve ainsi renforcé.

L'effet d'ouverture du tapis végétal dans l'Aire de Densation par l'extension des surfaces graminéennes rend *a priori* la densation et la grégarisation plus difficiles à réaliser. Mais l'accroissement des populations de Criquet nomade et la synergie phasaire entre les deux locustes va à l'encontre de la « dilution » sur de vastes surfaces des populations de Criquet migrateur.

L'organisation de la surveillance est de la lutte est basée sur les principes définis en 1974. Nous allons voir comment elle est organisée et quels sont les chantiers à entreprendre pour la rendre plus efficace compte tenu des modifications récentes qu'a subie l'aire grégarigène.

5- L'AVERTISSEMENT ACRIDIEN

A Madagascar deux locustes peuvent devenir dévastateurs pour l'agriculture lorsqu'ils se trouvent en phase grégaire. Le passage de la phase solitaire à la phase grégaire se réalise dans l'aire grégarigène. C'est ici que prennent naissance les grandes invasions susceptibles de ravager les cultures sur toute l'île pendant plusieurs années consécutives. La stratégie de lutte préventive passe par une surveillance intensive de l'aire grégarigène du Criquet migrateur.

Il s'agit de bloquer à la base tout départ d'invasion afin d'empêcher les essaims de se disséminer sur tout le territoire. Car l'invasion, une fois déclenchée, est très difficile à enrayer et peut se maintenir pendant de nombreuses années. En effet nous avons vu que les individus en phase grégaire étaient plus résistants à des conditions éco-climatiques difficiles et que le phénomène de dégrégarisation était naturellement exceptionnel.

L'utilisation d'insecticides est, à ce jour, la seule méthode efficace pour lutter contre les essaims et les bandes larvaires. Malheureusement une fois l'invasion déclenchée, les essaims parcourent de grandes distances et envahissent tout le territoire, aussi les traitements doivent être généralisés pour endiguer le fléau : plus de trois millions d'hectares ont été traités en barrière entre décembre 1998 et mai 1999 dans l'aire grégarigène uniquement. Même si des efforts considérables ont été faits dans le choix des insecticides et les méthodes de traitements aériens, les épandages à grande échelle posent évidemment des problèmes d'ordre environnemental.

Par ailleurs, la lutte aérienne sur tout le territoire malgache coûte excessivement cher. Le gouvernement malgache ne peut pas assumer seul les opérations de lutte. Depuis 1997, plus de 65 millions \$ US ont été dépensés pour la lutte antiacridienne à Madagascar. Ces coûts s'ajoutent à ceux engendrés par les pertes de récolte : pour l'année 1998 la Banque Mondiale estime les pertes à 30 millions de \$ US pour le riz, 3,5 millions \$ US pour le manioc et 7 millions \$ US pour le maïs (Schulten *et al.*, 1999).

L'avertissement acridien lié à un système de lutte préventive semble être le seul moyen écologiquement et économiquement acceptable de lutter contre les criquets, non seulement à Madagascar mais partout dans le monde.

Après un bref rappel de l'histoire du service de surveillance acridien malgache, il conviendra de cerner les éléments essentiels à connaître pour pouvoir proposer un avertissement efficace, peu coûteux et durable. Ces données nécessaires seront alors confrontées aux données recueillies lors de la campagne 1999. L'objectif étant de cibler les carences dont pâti le service de surveillance actuel et à terme de le rendre opérationnel et économiquement supportable.

5-1 De la naissance du centre antiacridien à l'invasion de 1939 - 1957

Par arrêté gouvernemental du 16 juin 1932, le Centre Antiacridien de Betioky (CAB) a été créé. Les travaux de construction se sont terminés en 1935⁸. A cette époque pour ne pas être gênés par les cours d'eau, 3 zones antiacridiennes furent créées. Le rôle des agents consistait à surveiller le comportement des criquets et à intervenir en cas d'invasion mais les moyens restaient très limités.

Entre 1939 et 1957, le CAB fait face à sa première invasion qu'il ne pourra pas maîtriser malgré l'apparition des premiers traitements aériens en 1950.

Tirant les enseignements de cette invasion, l'aire grégarigène est agrandie en 1960, elle est divisée en quatre zones : Ankaroabato, Sakaraha, Ejeda et Ambovombe. Chacune de ces zones était divisée en secteurs, eux-mêmes divisés en sous-secteurs de 900 km². Un agent devait alors détecter les stations favorables à l'acridien et intervenir dès qu'un rassemblement de bandes larvaires était signalé (GTZ, 1995).

5-2 Création de la Cellule de Recherche Opérationnelle

Jusqu'à 1964, la surveillance et la lutte contre le Criquet migrateur malgache étaient menées de manière exhaustive, c'est à dire sans aucun système d'avertissement capable de prévoir les phénomènes de

⁸ Deux cent vingt six ouvriers furent employés à la construction et 69 100 km de distance ont été parcouru par les charrettes pour acheminer le matériel jusqu'à Betioky.

grégarisation. Cette année le CAB voit donc naître une station de recherche et la Cellule de Recherche Opérationnelle. La CRO était, à l'origine, très axée sur l'amélioration des méthodes de traitement. La station de recherche accueillera une équipe pluridisciplinaire de chercheurs français et malgaches entre 1969 et 1973 pour la réalisation du projet PNUD/F.A.O./MAG-70.523 : « **Recherches sur le Criquet migrateur malgache** ».

Grâce à l'approfondissement des connaissances sur la bio-écologie et les déplacements du locuste, mais aussi en agro-météorologie et en éco-botanique, un des premiers systèmes d'avertissement acridien au monde est créé à Betioky en 1974.

En effet, l'**optimum pluviométrique** du Criquet migrateur malgache a été mis en évidence par Damhofer et Launois (1974a) : « Les départs d'invasion après une longue période de rémission (absence d'individus en phase grégaire) sont dus au maintien d'une séquence pluviométrique de 50 à 100 mm durant plusieurs mois consécutifs de saison chaude sur des formations herbacées de type clairière. ». Par ailleurs Duranton (1973) dressait une carte des groupements végétaux du Sud-Ouest malgache en relation avec le Criquet migrateur malgache. La connaissance des groupements végétaux et de leur déterminisme écologique a permis de préciser la notion de station acridienne. Enfin Lecoq (1975) mettait en évidence les déplacements des ailés suivant des axes privilégiés.

Il est alors devenu possible de mettre en place un véritable **système d'avertissement fondé sur la comparaison mensuelle de cartes récapitulant la situation acridienne et le bilan pluviométrique** (Launois, 1974b). Ce dispositif était fondé sur deux catégories d'observation :

- les unes accomplies dans les stations fixes à intervalles de temps régulier, prospections intensives,
- les autres sont effectuées au cours de sondages de généralisation servant à apprécier la sécurité des extrapolations, prospections extensives.

Les 21 stations d'avertissement étaient réparties dans les zones acridiennes stratégiques, c'est à dire dans les régions naturelles potentiellement les plus favorables au Criquet migrateur et sur les grands axes de déplacement saisonnier des ailés. Chaque station était rattachée à un Poste Antiacridien. Un chef de poste réalisait les prospections sur ces stations avec l'aide d'un manœuvre.

5-3 Les premières réhabilitations

Ce système d'avertissement a plus ou moins bien résisté aux événements politiques des années 70. Si bien que l'on parle déjà de réhabilitation en 1982 (Duranton, 1982 et Andrianasolo, 1983), alors qu'un départ d'invasion est enrayé de justesse par le traitement de près d'un million d'hectares par voie aérienne sur le plateau de l'Horombe.

En avril 1984, à la suite d'une demande du gouvernement malgache, 2 experts allemands viennent faire une étude de relance du Centre de Betioky : « C'était le délabrement total(...). Ayant vu l'état des lieux, ils ont préconisé l'abandon de Betioky [au profit d'un nouveau centre à Tulear] qui demanderait trop d'argent pour la réhabilitation » (GTZ, 1995). Sous la pression des cadres et techniciens malgaches, la GTZ va finalement investir 120 000 000 Fmg en 1992 pour la rénovation partielle du CAB et de quelques Postes Antiacridiens.

L'aire grégarigène est divisée en 5 zones dans lesquelles se répartissaient les 17 Postes Antiacridiens (PA). Les chefs PA exécutaient les prospections sur les stations fixes et relevaient les données météorologiques. Les chefs de zones contrôlaient les activités de leurs PA et exécutaient des prospections extensives lors du passage du chef du Service d'Avertissement Acridien. Ce dernier basé à Betioky était responsable du dépouillement des données issues des prospections.

5-4 L'invasion des années 90 et l'abandon du CAB

5-4-1 L'invasion des années 90

En 1995, à la fin du projet « **Promotion de la protection intégrée des cultures et des denrées stockées à Madagascar** » de la GTZ, l'invasion qui était latente depuis 1992 va finir par éclater.

Duranton (1992) estime à 25 000 ha, la surface infestée par les essaims de Criquet migrateur au mois de juin 92. Malgré les traitements qui ont suivi pour endiguer ce départ d'invasion, des populations *transiens degregans* de Criquet migrateur se sont disséminées dans toute l'aire grégarigène *sensu stricto*. Par ailleurs les effectifs de Criquet nomade n'ont pas cessé d'augmenter d'année en année, dans le Sud, dépassant amplement les capacités de défense rapprochée des cultures du paysannat et induisant des phénomènes de synergie phasaire avec le *Locusta*.

En 1993, une situation de rémission complète n'est pas rétablie. Les populations *transiens* ont ensuite contribué au départ de l'invasion en 1996 (Duranton, 1996).

Début 96, des populations importantes de Criquet migrateur ont pris naissance dans le Sud-Ouest mais n'ont pu être contrôlées avant que des essaims ne s'échappent vers le Nord-Ouest en juin, juillet.

Au début de l'été austral 96/97, 80 000 ha de taches larvaires sont détectés sur l'Horombe (octobre 96). En janvier 1997, 300 000 ha de taches et de bandes larvaires sont observées sur la pénéplaine de Bekily / Fotadrevo. Balmat (1997) estime à deux millions d'hectares la superficie totale envahie au mois de février. Au mois d'avril, 2 500 000 ha abritent des populations grégaires (bandes larvaires ou essaims) de Criquet migrateur au sein de l'aire grégarigène et des essaims de Criquet nomade, jusqu'alors, font leur apparition à partir de l'aire de densation (Duranton, 1998a). En septembre 97, les 2/3 de l'aire d'invasion du Criquet migrateur malgache sont dorés et déjà contaminés.

L'été austral 97/98 est marquée par la réussite du départ d'invasion du Criquet migrateur. Plus de 5 000 000 ha sont envahis en janvier 98. Les essaims commencent leur remontée progressive vers le nord dès le mois de mars 98. A la fin de l'année tout le versant occidental malgache est envahi. Par la suite, les individus grégaires peuvent se reproduire sur place à des distances considérables de l'aire grégarigène. Des foyers de reproduction se mettent en place sur le versant occidental : vallée de la Betsiboka (région de Majunga), delta de la Tsiribina, zone de Maintirano et sur les piémonts occidentaux des hauts plateaux (région de Fianarantsoa).

Au cours de la saison sèche 98, des essaims de *Locusta* et de *Nomadacris* aux dimensions impressionnantes⁹ se dissémineront sur l'ensemble du territoire. La côte Est de l'île est, pour la première fois de son histoire, longée du Nord au Sud par plusieurs essaims. Des essaims de *Nomadacris* auraient également été signalés dans la région de Diégo-Suarez ! Les essaims de *Locusta* sont très mobiles et la colonisation des Hauts plateaux (Ambositra, Antsirabe, Ambatolampy...) est amplement et précocement amorcée. Des essaims survolent Tananarive en juin, puis en septembre 98. Au terme de la saison sèche 98, il apparaît que l'invasion acridienne qui sévit à Madagascar s'est géographiquement généralisée à l'ensemble du pays.

La campagne 98/99 débute par un mois de novembre pluviométriquement déficitaire, la première décade de décembre a été marquée par d'abondantes pluies généralisées à l'ensemble du pays. Le Sud a été fortement et précocement arrosé, y compris la plaine côtière et le plateau Mahafaly voit apparaître des éclosions et des bandes larvaires de plusieurs kilomètres sur tout le versant occidental. Toute la plaine côtière Mahafaly est infestée. Il apparaît ainsi que non seulement l'aire grégarigène du Criquet migrateur offre, en décembre 1998, de vastes et bons biotopes à des populations acridiennes dispersées et relativement abondantes, mais que les marges de l'aire grégarigène sont également contaminées. Malgré tout des opérations significatives de lutte réduisent considérablement les effectifs (Duranton, 1999).

⁹ Un essaim de 50 km sur 30 km a été observé au mois d'avril 98 sur le plateau de l'Horombe (Monard, C.P.).

La saison sèche 99 est nettement plus calme que la précédente. Des populations essaimantes continuent de parcourir le territoire mais avec des densités et des dimensions moins impressionnantes. On peut admettre qu'il sortira moins d'imagos de l'aire grégarigène qu'il n'y en est entré au cours de la campagne estivale (novembre 1998 - avril 1999). L'invasion peut être considérée comme globalement et temporairement stabilisée mais la moindre défaillance de l'effort de lutte lui permettrait de se réactiver.

Au terme de la troisième campagne antilarvaire contre le fléau acridien qui sévit à Madagascar depuis 1997, il faut bien admettre que la situation d'invasion perdure et qu'une lutte intensive devrait continuer. Un coup d'arrêt a été porté à la prolifération des populations de *Locusta* dans le Sud mais il ne s'agit en aucun cas d'un coup de grâce et si des mesures énergiques ne sont pas prises à court terme la situation pourrait rapidement s'aggraver.

5-4-2 L'organisation du CAB

Au début de l'invasion, le Ministère de l'agriculture de Madagascar était doté d'une division de la Protection des Végétaux. Celle-ci regroupe quatre services et gère les Services provinciaux de la Protection des Végétaux (6 au total). Un service des calamités publiques et autres vertébrés nuisibles regroupe le service antiacridien et deux autres unités.

L'antenne antiacridienne de Tananarive sert d'interface entre le chef de service des calamités publiques et les autres intervenants des problèmes acridiens. Le centre de Betioky assume la responsabilité de la surveillance et de la lutte antiacridienne dans l'aire grégarigène du Criquet migrateur (Duranton, 1996).

Le CAB constitue l'entité opérationnelle antiacridienne. Il est lui-même scindé en plusieurs départements :

- SAAB : Station d'avertissement antiacridien de Betioky,
- GMIT : Groupe Mobile d'Interventions Terrestres,
- GAL : Groupe Aérien de Lutte,
- CRO : Cellule de Recherche Opérationnelle,
- BAF : Bureau administratif et Financier,
- Atelier

Outre ces départements, 6 entités polyvalentes ont une responsabilité territoriale :

- 5 zones Antiacridiennes
- 17 Postes Antiacridiens

Si l'organisation du CAB peut sembler satisfaisante sur le papier elle souffre de coûts récurrents importants. Malgré les apports financiers de la coopération allemande, une partie des bâtiments et du matériel n'est ni renouvelée, ni entretenue, depuis les années 70.

5-4-3 Lutte antiacridienne

En mars - avril 1996, une situation de **pré-invasion** a donc été diagnostiquée (DPV, FAO, PRIFAS). Malheureusement, aucun traitement aérien n'a eu lieu, seules quelques interventions par voie terrestre ont été faites. Les premières interventions aériennes significatives n'ont démarré qu'en février 97. Ce retard a permis au *Locusta* et au *Nomadacris* de se disséminer sur tout le territoire ; les traitements ont alors dû être étendus sur des surfaces considérables. Les conséquences sur le coût, environnemental et économique, de la lutte sont évidentes.

Le départ d'invasion a été suivi par le SAAB, malheureusement le GAL et l'atelier du CAB étaient hors service. Les interventions aériennes et la logistique qui sont deux éléments fondamentaux pour mener à bien une campagne de lutte antiacridienne, étaient indisponibles. Les quelques interventions terrestres, menées par le GMIT, n'ont pas permis d'endiguer le fléau. Devant l'incapacité du CAB à réagir pour arrêter l'invasion sinon la limiter à l'aire grégarigène, le Gouvernement malgache fait appel à la solidarité internationale en 1997 et crée le Centre National de Lutte Antiacridienne (CNLA) en janvier 1998 qui repose principalement sur la logistique des militaires. Le général de brigade, Victor Ramatraha, est nommé coordinateur du CNLA. Parallèlement à l'émergence de cette nouvelle structure, le CAB est isolé et perd toutes ses capacités d'interventions (annexe 2). Le CNLA a cohabité avec le Projet de Lutte Antiacridienne

dans l'Aire Grégarigène (PLAAG) financé par l'Union Européenne et avec le soutien technique de la FAO. Le PLAAG a eu la charge de la surveillance et de la lutte dans l'aire grégarigène *sensu lato*.

Le double décès du chef CAB, Marie Alain Joseph Rakotonandrasana, et du chef SAAB, M. Tombonarana, le 13 juillet 1997 au cours d'une reconnaissance aérienne entre Tulear et Betioky, va sonner le glas du centre de Betioky. A ce jour, ni le chef CAB, ni le chef SAAB n'ont été remplacés. « **Betioky, corps sans âme** : Le Centre Antiacridien ne dispose d'aucun crédit de fonctionnement... depuis que le CNLA a pris en charge la lutte antiacridienne. » notent les consultants F.A.O. du projet PLAAG (Duranton *et al.*, 1999).

Ces aléas politiques ont permis aux criquets de se développer et d'envahir la grande île. En janvier 98, plus de 5 000 000 ha sont infestés par le *Locusta*. Il eut fallu protéger au moins le 1/3 de ces surfaces pour espérer avoir un impact significatif sur le développement de l'invasion en cours de généralisation. En fait, 500 000 ha, seulement, ont été protégés avant la fin janvier. De la même manière, en décembre 98, plus de 800 essaims représentant près de 500 000 ha ont été anéantis au cours de l'hiver austral 1998, néanmoins des populations imaginaires résiduelles ont subsisté et engendrent une R1 (1998-99) beaucoup plus abondante et étendue que certains observateurs ne l'escomptaient. En ce début de décembre 1998, il semble que l'enveloppe des surfaces contaminées soit de l'ordre de 10 000 000 ha et si l'on estime que 5 à 10 % de ces zones devraient être traitées ou «protégées» cela induit, au bas mot, 500 000 à 1 000 000 ha de traitement, à faire au plus vite (Duranton, 1999).

Le PLAAG a mis fin à ses activités de lutte en juin 1999, mais continue la surveillance jusqu'au mois de décembre. Les activités doivent théoriquement être reprises en main par les services de la protection des végétaux à partir du mois de janvier 2000.

5-5 L'importance du réseau de surveillance

Il est clair que le projet PNUD/F.A.O./MAG-70.523 : « **Recherches sur le Criquet migrateur malgache** » a été une « révolution » dans l'histoire du CAB, en effet, les périodes avant et après 1973 n'ont rien à voir en terme d'approche acridienne. Ce sont les résultats et les applications de ce projet qui ont permis d'établir le système de veille acridienne. Système qui a été entretenu et réhabilité par le gouvernement malgache et la GTZ. Aujourd'hui, d'une part l'invasion s'est généralisée à l'ensemble du territoire, et d'autre part, le système d'avertissement de la Protection des Végétaux a complètement disparu.

5-1 En phase de rémission

Trente ans après le début de ce projet, il faut admettre que la situation acridienne a évolué : le Criquet nomade est devenu un acridien de première importance et n'avait pas été étudié en 1973, la déforestation a considérablement perturbé les zones bioclimatiques définies en 1973. Malgré tout le squelette du système de veille en période de rémission, c'est à dire le principe de prospections régulières, **prospections intensives**, de stations représentatives d'une zone pour confronter l'évolution des populations acridiennes à la situation météorologique, reste correct.

Les objectifs d'un réseau de surveillance sont triples (Duranton *et al.*, 1982) :

- **Dépister** de façon précoce les pullulations locales,
- **Développer** des possibilités de lutte préventive,
- **Avertir** et prévoir à court, moyen et long termes.

L'établissement d'un réseau de surveillance suppose tout d'abord une bonne connaissance de la biologie et de l'écologie du locuste et des principales régions naturelles. Ensuite la veille acridienne demande l'acquisition et la maîtrise des méthodes de contrôle des populations d'acridiens ravageurs. Enfin il faut la volonté de maintenir opérationnel un tel dispositif de surveillance, même pendant les périodes de rémission apparente.

Les qualités de base d'un système de surveillance efficace sont les suivantes :

- **densité** des points d'observation suffisamment élevée,

- **sites représentatifs** des ensembles naturels auxquels ils appartiennent,
- **signalisations** exactes, précises, homogènes et régulières,
- **transmission** rapide aux centres de décision.

5-2 En période d'invasion

En période d'invasion, comme c'est le cas actuellement, les **prospections extensives** sont privilégiées au détriment de l'intensif. Il est certes primordial d'identifier les cibles à traiter au jour le jour et les prospections intensives, seules, peuvent laisser échapper des essaims ou des bandes larvaires. Cependant en cette période d'extension du fléau acridien à l'ensemble de l'aire d'invasion, les deux types de prospections sont indispensables devant la nécessité d'évaluer objectivement la situation acridienne et d'en assurer le suivi dynamique dans le temps et dans l'espace. Il faut donc augmenter la quantité de prospections extensives afin d'identifier les cibles, mais surtout veiller à maintenir la qualité des prospections intensives pour avoir une vision synoptique de la situation acridienne.

Il convient de souligner les trois niveaux complémentaires d'observation nécessaires pour mener rationnellement la lutte antiacridienne en phase d'invasion (Duranton, 1999) :

- **Le niveau national**, composé d'un quartier général (QG) et d'un réseau de postes d'observation synoptique (POS). Le QG coordonnerait les activités des équipes de veille ; il devrait assurer l'analyse et la synthèse des informations disponibles afin de dresser périodiquement le diagnostic de la situation acridienne globale et un pronostic pour les périodes suivantes. Le POS est un poste fixe et stable implanté en fonction d'une zonation bioécologique acridologiquement significative et prenant en compte les difficultés d'accès au terrain. Selon les options et la disponibilité en personnel spécialisé, 25 à 35 POS permettraient de constituer un réseau d'observation synoptique. Chaque POS aurait pour rôle d'effectuer des observations techniquement précises et exactes à l'intérieur d'une zone donnée, d'effectuer la synthèse locale des signalisations collectées et de transmettre l'information au QG.
- **Le niveau régional** aurait pu être confiée aux Postes d'Observation Opérationnel (POO). Chaque POO est dirigé par un prospecteur acridien expérimenté. La création de 8 POO avait été envisagée. Les POO seraient donc des éléments mobiles et temporaires dont les zones d'action sont liées à celle des unités majeures d'intervention. Les informations collectées devraient être transmises au QG de la veille.
- **Le niveau local** correspond aux prospections de proximité dépendantes de chaque unité d'intervention (équipe de lutte terrestre, aéronef). L'information collectée pourrait être transmise au QG de la veille acridienne mais les intervenants ne peuvent en aucun cas être rattachés à la composante Veille synoptique. Les observations locales ont pour objectif primordial d'identifier quotidiennement les cibles de l'unité d'intervention à laquelle appartient le prospecteur et d'évaluer les mortalités respectives des cibles et non pas de décrire finement l'état des populations acridiennes rencontrées.

5-6 Conclusion partielle

Dans la période d'invasion actuelle, l'absence d'un service de veille acridienne performant et objectif constitue un grave handicap pour la mise au point et l'actualisation de la stratégie globale de lutte contre des cibles en évolution dynamique permanente. Les erreurs d'appréciation sont de plus en plus fréquentes et lourdes de conséquences : il est beaucoup plus important d'évaluer correctement les populations acridiennes vivantes qui constituent le risque réel que de comptabiliser les essaims anéantis, sachant qu'il suffit de 5% de populations résiduelles parentales pour que l'effectif des populations filles soit reconstitué.

Par ailleurs, il apparaît clairement qu'une longue période de rémission est souvent dommageable pour le service antiacridien : moins le Criquet migrateur fait de dégât et plus le service antiacridien se dégrade. Ce problème n'est pas inhérent à Madagascar, mais à tous les services antiacridiens des pays en voie de développement qui subissent une politique d'ajustement structurel : la baisse relative des dégâts occasionnés par les criquets entraîne un abandon du service de surveillance et de lutte. Cet abandon de la surveillance laisse malheureusement le Criquet se redévelopper en toute impunité et permet de nouveaux départs d'invasions (Monard, 1995). Ce dilemme est en fait une caractéristique des pestes en général. Comment est-il possible de le contourner pour obtenir un service de surveillance minimum qui puisse rester vigilant en phase de rémission et ainsi empêcher tout départ d'invasion ?

6- LA RESTRUCTURATION NECESSAIRE DU RESEAU DE VEILLE

Le système d'avertissement contre le Criquet migrateur est fondé sur la comparaison mensuelle de cartes récapitulant la situation acridienne et le bilan pluviométrique (isohyètes). Ce système est centré sur l'aire grégarigène telle qu'elle est actuellement définie dans une conception dynamique : elle présente une structure écologique (essentiellement climatique et végétale) qui lui confère une réalité géographique. La condition principale de grégarisation étant le maintien de l'optimum pluviométrique au moins trois mois consécutifs sur une aire d'accumulation.

L'avertissement consiste à suivre mensuellement le déplacement de l'optimum pluviométrique par rapport à l'importance des populations solitaires larvaires et imaginaires dans les principales régions naturelles du Sud et du Sud-Ouest (Launois, 1974a).

La précision de la méthode dépend donc, d'une part de la densité du réseau pluviométrique, d'autre part de la connaissance des potentialités évolutives des populations acridiennes.

6-1 Le réseau de veille de la saison sèche 1999

6-1-1 Dispositif

Le dispositif de surveillance en place dans l'aire grégarigène pendant la saison sèche 99 est la continuité des activités du PLAAG. Les prospecteurs chargés de la surveillance sont tous issus de la Protection des Végétaux ; le PLAAG a donc pu profiter de la technicité de ces agents laissés au chômage technique par le CNLA depuis 1998. Jean-François Duranton, responsable du projet PLAAG a quitté le terrain le 30 avril après avoir jeté les bases d'un réseau de prospection. En liaison avec Manoa Andriatsilavo, j'ai participé à la mise en place concrète de ce système et à son suivi quotidien.

Les objectifs du réseau de surveillance du PLAAG sont multiples. Il s'agit prioritairement, après presque 2 ans d'interruption, d'obtenir de nouveau de l'information acridienne de l'aire grégarigène. Cette information étant exploitable à court terme pour mener à bien la lutte curative ; à moyen terme pour entrevoir l'évolution de l'invasion actuelle ; et à long terme pour accumuler des archives acridiennes nécessaires à la compréhension du fléau de manière plus globale. Il s'agit ensuite de redynamiser les techniciens de la DPV en leur refaisant jouer leur rôle de prospecteur.

L'étude du dispositif du PLAAG et la discussion des éléments recueillis au cours de la saison sèche 99, permettront d'ébaucher la réhabilitation d'un nouveau réseau d'avertissement.

6-1-1-1 Les données

La concrétisation de la méthode d'avertissement passe par la mise en place d'un système dont le but est la surveillance du niveau densitaire et de l'état phasaire des populations, la détection des situations potentiellement dangereuses et la transmission des informations aux services de lutte pour traiter ces situations.

L'efficacité du dépistage, en période d'invasion, repose sur la collecte d'un minimum d'informations discriminantes sur un maximum de stations. Il s'agit de décrire le peuplement acridien sur le plan de l'abondance et de la composition des populations. Les paramètres acridiens utiles à noter sont :

- les **densités** des larves et/ou des imagos pour le *Locusta* et pour le *Nomadacris* (annexe 3).
- distinction des **phases** (solitaire, *transiens* ou grégaire)
- distinction des **stades** (L1 à L5 pour les larves, A1 à A5 pour les imagos).

Il faut ensuite recueillir des données concernant la végétation. Pour une meilleure compréhension le couvert végétal a été découpé en 6 strates : arborée, arbustive, buissonneuse, herbeuse, cultures, sèches, cultures hygrophiles. Il s'agit de noter la surface relative, la hauteur, le recouvrement et le verdissement de chaque strate. Ensuite de déterminer à quel stade phénologique se situe chaque strate.

Il faut enfin décrire les facteurs écologiques qui jouent sur le développement des deux locustes texture du sol, humidité édaphique, date et intensité de la dernière pluie sur la station, présence d'ennemis naturels. On peut aussi, s'il n'est pas possible d'obtenir des données météorologiques suffisantes, utiliser

un indice pour le milieu (0 à 5 par exemple) exprimant la qualité, présente et à court terme, du milieu pour la réussite du développement de l'insecte.

Enfin, chaque prospection est complétée par la rencontre des agriculteurs locaux qui renseignent le prospecteur sur les dernières signalisations, la météo et autres faits marquants.

La valeur du service de surveillance dépend de la qualité des observations effectuées par le prospecteur sur les criquets et leur environnement. Les observations doivent être **justes, exactes** sans prétendre à l'extrême précision. D'un site de relevé à l'autre, les observations doivent être **homogènes**. La **régularité** entre les observations est aussi essentielle. L'utilisation d'une fiche normalisée facilite beaucoup le maintien de la qualité de l'information et en permet le transfert plus aisé. Le prospecteur remplit une fiche par station visitée (annexe 4).

Toutes les données collectées doivent ensuite être centralisées à Betioky et mises sous forme de cartes synthétisant toutes les observations réalisées, ce qui permet de suivre plus facilement l'évolution synoptique de la situation. En associant les données météorologiques aux connaissances bio-écologiques (optimum pluviométrique), il est possible d'intégrer les données par informatique (Mapinfo) et ainsi d'anticiper sur l'événement, facilitant la prise de décision.

Par ailleurs la relance de ce système de veille est l'occasion inespérée pour rétablir de véritables archives acridiennes. Le but est donc d'établir des fichiers performants synthétisant la situation mois par mois. Ceci dans l'idée de pouvoir établir des perspectives d'évolution sur des échelles beaucoup plus grandes.

Une base de donnée (sur Access 97) a donc été créée au cours de la saison sèche 99. Elle regroupe toutes les données résultant des prospections des agents du PLAAG de février à septembre 1999. Monsieur Andriatsilavo est ensuite chargé de continuer régulièrement la saisie de ces informations. A chaque quinzaine, une nouvelle table est créée grâce à une table de base contenant toutes les stations acridiennes (212 au total) et toutes les questions (157 champs au total). Il faut ensuite saisir les données, chaque fiche de prospection correspond à une ligne de la table. La structure de la base de données figure en annexe 10.

Les requêtes permettent ensuite de trier les résultats concernant les données propres au *Locusta*, au *Nomadacris*, à la végétation et aux dégâts. Chaque requête peut ensuite être éditée sous forme de carte.

6-1-1-2 Les prospecteurs

Depuis le début de l'année 99, un réseau de prospection terrestre a été mis en place par J.F. Duranton (annexe 5). Il comprend, 6 POR (Poste d'Observation Régional : 1 prospecteur muni d'un kit de prospection, 1 manœuvre, 1 voiture et un chauffeur) et 4 POL (Poste d'Observation Local : 1 prospecteur et 1 moto). Sur chaque Poste, le prospecteur a pour but de tourner sur ses différentes stations et de remplir les fiches de prospection acridienne 2 fois par mois. Il y a environ 25 stations par POR et 12 par POL, si ces stations sont visitées 2 fois par mois, il y a donc quasiment 400 fiches à dépouiller par mois.

Après quelques temps d'essais, le système est aujourd'hui en place. Il faut le faire fonctionner au quotidien (livraison de carburant, suivi mécanique des véhicules et tous les soucis de gestion du personnel...), s'assurer que les prospections sont réalisées dans de bonnes conditions et avec une fréquence correcte.

Ensuite, il s'agit de synthétiser cette information pour sortir un bulletin d'information mensuel sur la situation acridienne de l'aire grégarigène. Un logiciel de base de données (Access) et un logiciel de cartographie (Mapinfo) sont les deux outils informatiques qui sont utilisés. Ce travail est réalisé par Monsieur Manoa Andriatsilavo du PLAAG. Ce dernier a toutes les chances d'être nommé responsable du département de surveillance à Betioky.

L'installation du réseau de POR/POL a été progressive. La première prospection commence le 2 février sur le plateau Mahafaly, mais au mois de septembre de nouvelles stations sont encore ouvertes par les POR du Cirque Manambien et du Zomandao tous deux récemment installés. Par ailleurs la qualité des prospections s'est aussi améliorée progressivement. Les premiers résultats sont difficilement exploitables car le remplissage de la fiche n'a pas été saisi correctement par tous. **Il a fallu de très nombreux**

passages sur le terrain pour obtenir des signalisations exactes et homogènes sur l'ensemble de l'aire grégarigène. La principale difficulté rencontrée était le recueil des données de végétation. En effet les prospecteurs ont des connaissances pratiques en acridologie et n'ont pas beaucoup de mal à faire des comptages et à distinguer les phases.

6-1-2 Résultats

Le réseau de prospection s'est mis en place progressivement, il est donc difficile d'exploiter tous les résultats. Malgré tout un premier effort de synthèse permet de visualiser les lacunes dont souffre le réseau actuel et d'imaginer des améliorations.

6-1-2-1 Maturité sexuelle des individus

Les stations prospectées régulièrement permettent de visualiser l'évolution de la maturité sexuelle des femelles de Criquet migrateur. Le même travail pourra être fait pour le Criquet nomade lorsque les femelles arriveront à maturité.

Quatre tableaux de dynamique figurent en annexe 6.

- La station de Besahatse prospectée par Sambimana a été suivie toute la saison. On peut suivre facilement la maturité des femelles de *Locusta*. Au début du mois de mars, des larves ont muées, ou des jeunes ailés (stade A1) sont arrivés sur la station. La première quinzaine de juin est aussi marquée par l'arrivée d'individus allochtones, en effet, un essaim est passé sur la station le 7 juin.
- La station de Bekimpay est suivie par Eholongony. On peut suivre la maturation des individus. Aucune anomalie ne laisse envisager l'arrivée d'individus allochtones. LA maturité sexuelle est atteinte fin juillet.
- La station d'Itomboina est suivie par Edmond Seth. Cet exemple est intéressant car on voit l'évolution de deux générations de *Locusta*. La première génération est encore immature fin février, elle atteint la maturité sexuelle début mars. Fin mars, les femelles ont déjà pondues. Les larves se développent courant avril et atteignent le stade adulte fin avril, début mai. Les femelles de cette génération sont mures au mois d'août.
- La station de Bevaha haut est aussi suivie par Edmond Seth. Elle a été ouverte au mois de mai. On peut suivre la lente évolution du stade A1 au stade A4. Les femelles ont pondues à la fin du mois d'août.

De la même manière, l'évolution des populations larvaires peut être suivie par station. Malheureusement, les larves sont très rares en saison sèche et les données actuelles ne suffisent pas. Malgré tout le système une fois mis en place permet de suivre les larves et les imagos de *Locusta* et de *Nomadacris*.

6-1-2-2 Variation des densités

Il est aussi possible de suivre l'évolution des densités. En les regroupant par zones, on peut établir une carte de densité au seizième de degré carré pour les deux locustes dans l'aire grégarigène. Les cartes figurant en annexe 7 illustrent les résultats obtenus grâce aux prospections de l'hiver austral 99.

6-1-2-3 Évolution phytophénologique

Il est possible de suivre le verdissement des différentes strates végétales, notamment la strate herbeuse et de reporter les résultats sur carte. Les cartes figurant en annexe 8 illustrent les variations de verdissement de la strate herbeuse au cours de l'hiver austral 99. De la même manière il est possible de suivre l'évolution de l'humidité édaphique.

6-1-2-4 Croisement des informations

Malheureusement les logiciels disponibles sur place ne permettent pas de tracer des isohyètes. Le travail se fait néanmoins très bien manuellement. En superposant une feuille de papier calque contenant les isohyètes, avec la carte des densités, il est donc possible d'obtenir une prévision des déplacements des ailés.

6-1-3 Discussion

Ce réseau a été installé dans la précipitation de l'invasion acridienne et n'a aucune pérennité. Il est financé par l'aide internationale et disparaîtra le 31 décembre 1999. Il aura permis tout de même de mener à bien les opérations de lutte en période d'invasion, d'accumuler quelques archives précieuses et permet de guider la réflexion vers un réseau de veille acridienne performant. Il a aussi permis de remettre les prospecteurs acridiens au travail.

Malheureusement, il n'y a pas de chef SAAB, du coup aucun sondage de généralisation, ou prospection extensive, n'est réalisé. Ceci empêche la généralisation des données recueillies actuellement. Ensuite il n'y pas de responsable au niveau régional : chaque prospecteur fait ses prospections « dans son coin » sans que les informations soient comparées et analysées à l'échelle de la sous-région. **Ce dispositif n'a donc qu'un seul niveau d'observation**, le niveau local. Les niveaux régional et national font cruellement défaut.

Ensuite même si cette structure est légère, elle est parfois paralysée par des problèmes d'ordre matériel. Le choix, guidé par des soucis d'économie, de motos 125 cm³, 2 temps se révèle une erreur : elles sont très fragiles et résistent mal aux conditions du terrain ; elles ne passeront certainement pas la campagne 99/2000. Par ailleurs les prospecteurs se déplacent souvent dans des zones isolées où le carburant est rare et cher. Tout ceci engage à reconsidérer le moyen de locomotion des POL.

Au point de vue technique, c'est en regardant les cartes que l'on s'aperçoit du principal problème du service de veille : **la régularité des observations**. Sur les 212 stations existantes (annexe 7), une centaine sont prospectées par mois, malheureusement chaque mois les mêmes stations ne sont pas revisitées. Le moindre problème technique est « prétexte » à l'abandon des prospections. Si une station n'est plus visitée pendant un mois, le suivi de la situation n'est pas seulement interrompu, il devient impossible.

Les prospections réalisées lors la saison sèche 1999 permettent difficilement d'avoir une vision globale de l'évolution acridienne dans l'aire grégarigène. Malgré tout le réseau et les résultats que l'on peut en tirer sont encourageants ; un suivi régulier des prospections est donc primordial. Ce manque de suivi est évidemment à rapprocher avec l'abandon du CAB et la disparition de la Section d'avertissement. Quelles seront les mesures à prendre pour un nouveau réseau de veille à Madagascar ?

6-2 L'installation d'un nouveau Réseau Antiacridien Malgache

La situation de post-invasion qui semble se profiler, implique une phase de transition entre la lutte curativo-paliative sur l'ensemble du territoire national et le retour à la lutte préventive limitée à l'aire grégarigène. Cette phase intermédiaire devra s'étaler sur les deux campagnes antilarvaires 1999-2000 et 2000-2001, en fonction des conditions météorologiques et de l'efficacité de la lutte curative. Durant cette phase, un nouveau Réseau Antiacridien doit être mis en place à Madagascar pour retourner à une situation de franche rémission et ensuite pour éviter le départ de nouvelles invasions.

Malheureusement, la situation actuelle fait étrangement penser au discours des experts allemands de la GTZ lors de leur première visite à Betioky. A ceci près qu'aujourd'hui, il n'y a ni chef CAB, ni budget de fonctionnement. De plus, deux ans de perte totale d'opérationnalité, surtout en période d'invasion, laissent des traces.

Malgré tout, la fin de cette invasion et la transformation des conditions acridiennes à Madagascar doivent permettre d'effectuer un virage significatif vers le relance d'un CAB « nouvelle formule ». « Il faut impérativement *profiter* de la situation actuelle d'invasion pour réhabiliter le CAB. Il est proposé d'en faire, jusqu'à la fin de l'invasion, le moteur de la coordination des actions de surveillance et de lutte dans l'aire grégarigène afin de lui permettre de former son personnel aux techniques et aux méthodes qu'il devra ensuite appliquer, à une échelle plus restreinte, dans le cadre de la prévention. »¹⁰

6-2-1 Le CAB « nouvelle formule »

Ce CAB nouvelle formule devra maintenir les populations de criquets à un niveau stable et inférieur au seuil de grégarisation grâce à un système d'avertissement efficace et pouvant être supporté par le budget du Ministère de l'Agriculture. Avec l'aide d'un programme de recherche opérationnel, la mise en place d'un tel système de lutte préventive est techniquement possible. Ce système d'alerte précoce est la seule garantie d'une lutte antiacridienne économiquement et écologiquement acceptable.

¹⁰ Note de M. Lecoq (expert acridologue de la mission F.A.O.), Tananarive le 13/05/99

6-2-1-1 Le statut du CAB

Il faut inévitablement repenser le statut du CAB pour qu'il puisse non seulement retrouver son opérationnalité, mais la conserver dans l'avenir. Le CAB doit avoir un budget propre lui permettant une autonomie d'action. Si le CAB doit rester au sein de la DPV, **l'histoire démontre que la recherche d'une relative indépendance est essentielle pour sa survie.**

Le Ministère de l'agriculture a donc proposé en novembre 99, un décret de loi créant le CNA. Le CAB changerait alors de nom pour devenir le Centre National Antiacridien. Il aurait une structure d'Établissement Public et Administratif (EPA). Ce qui lui conférerait une autonomie à trois niveaux : administrative, financière et opérationnelle. Les activités de ce CNA seraient visées par un comité de direction composé de membres du ministère de l'agriculture.

6-2-1-2 Le chef et les cadres du CNA

Le lien avec la DPV, donc le gouvernement malgache, sera matérialisé par ce comité de direction. Ce dernier se chargera de la nomination du chef CAB. Ensuite ce responsable doit pouvoir gérer son budget, son matériel et son personnel en dehors des aléas politiques. Il devra ensuite rendre des comptes au comité de direction et tout particulièrement au Chef du Service Antiacridien et au Directeur de la DPV qui restent ses supérieurs hiérarchiques.

Ce chef CNA devra aussi s'entourer d'une équipe de travail. Il faut un cadre responsable du système de veille (anciennement chef SAAB), au moins un cadre responsable des opérations de lutte (anciennement chef GAL et chef GMIT), un logisticien et un chef comptable.

Le service antiacridien doit avoir une antenne à Tananarive pour assurer la liaison avec les bailleurs de fonds et le comité de direction. Elle devra aussi contrôler l'acheminement des pesticides depuis le port de Tamatave jusqu'à Betioky.

6-2-1-3 La place de la recherche

La station de recherche et la Cellule de Recherche Opérationnelle (CRO) de Betioky ont joué un rôle majeur dans la compréhension des phénomènes de grégarisation et les possibilités de prévention et de lutte contre les locustes. Il faut tout de même retenir qu'elles n'ont été opérationnelles que lorsque des programmes de développement internationaux les ont financées. Si cette CRO est essentielle, elle est aussi très coûteuse et les applications ne sont pas toujours évidentes du moins à court terme.

Malgré tout, depuis le projet PNUD/FAO/MAG-70.523, il n'y a pas eu d'avancées fondamentales dans la compréhension des locustes à Madagascar. Or nous avons vu que les conditions écologiques ont changé depuis 1973 et que le Criquet nomade a pris une place de premier plan lors de la dernière invasion. De plus de nouveaux outils informatiques et géographiques performants sont apparus. Ce sont des points fondamentaux qu'un programme de recherche doit creuser. Parmi toutes les études à réaliser, les priorités de la CRO sont les suivantes :

Réalisation d'un outil d'aide à la décision pour le suivi de la situation acridienne et l'alerte précoce

- Nouvel inventaire des biotopes acridiens de l'aire grégarigène du Criquet migrateur. Cet inventaire doit permettre d'actualiser la notion de station acridienne. C'est un point essentiel pour la remise en place d'un système d'avertissement.
- Bilan de la section d'avertissement acridien depuis 1974.
- Création d'une base de données sur l'environnement acridien depuis 1973.
- Bilan comparatif, « situation actuelle / situation 1973 ».
- Actualisation du modèle du Criquet migrateur et création d'un outil d'aide à la décision.
- Optimisation de la stratégie d'intervention du service antiacridien.
- Rodage des nouvelles structures de surveillance et de lutte préventive.

Étude des facteurs de grégarisation du Criquet nomade à Madagascar

- Effectuer un bilan des connaissances disponibles (bibliographie).
- Établir la chorologie dynamique de l'acridien qui reste très mal connue à Madagascar.
- Définir le tempérament écologique de l'espèce en précisant ses exigences et tolérances vis-à-vis du milieu.
- Étudier le polymorphisme phasaire dans le contexte environnemental malgache.

- Étudier les facteurs de grégarisation et dégager les conséquences des actions anthropiques dans le sud-ouest malgache sur la dynamique de cet acridien.

Perfectionnement des méthodes d'application des insecticides et effets sur l'environnement

- Traitements et essais d'insecticides.
- Suivi des traitements antiacridiens réels.
- Effets directs des insecticides sur la faune non cible.
- Identification des biotopes les plus sensibles aux traitements insecticides.

Formation et recyclage du personnel

- Programme de formation à tous les niveaux, sur place et à l'étranger pour les cadres et futurs acridologues malgaches.
- Fiche de vulgarisation bilingue sur les principales caractéristiques de Criquet migrateur et du Criquet nomade.

Une fois la phase de rémission franchement atteinte, la CRO devra alors tenter de faire un bilan de l'invasion et tirer les enseignements nécessaires pour le service d'avertissement. Ensuite, elle pourra rédiger et éditer un manuel de prospection et de lutte antiacridienne bilingue.

Après ces trois années de recherches épaulées par l'aide internationale, la CRO doit continuer à une échelle beaucoup plus restreinte des activités concernant essentiellement **l'amélioration des techniques de traitement**, voire à l'homologation de nouveaux produits. La structure de base de la CRO pourrait donc avoir cet objectif. Elle travaillerait avec le laboratoire de la DPV chargé de la qualité des pesticides et de l'analyse des résidus dans l'alimentation pour tenter de réduire les risques toxicologiques et écotoxicologiques des traitements antiacridiens. Un projet financé par la Banque Africaine de Développement (BAD) devrait voir le jour d'ici quelques années ; le suivi écotoxicologique et la lutte biologique sont deux de ses principaux objectifs.

6-2-1-4 Les relations avec la société civile

L'ancrage du CNA dans un réseau d'organisations publiques ou privées, nationales ou internationales peut assurer une meilleure efficacité acridienne mais permet aussi de pérenniser le système mis en place. Le CNA doit inévitablement prendre cette donnée en considération. **L'établissement de ces relations fait partie des objectifs prioritaires du CNA.**

La collaboration la plus évidente concerne le recueil des données acridiennes. Si un réseau de prospecteurs constitue une base solide pour évaluer la situation acridienne, il doit obligatoirement être inséré dans un réseau plus vaste qui fournit des données quantitatives. Cette relation se fait actuellement de façon informelle sur le terrain : les POR et les POL du PLAAG répondent et vérifient les signalisations données par les organismes et les autorités locales. Il faudrait que les futurs prospecteurs poussent cette collaboration pour que les informations, surtout en cas de pullulation, leurs arrivent régulièrement. Des fiches de signalisation simples doivent être distribuées aux différents acteurs locaux. Cette distribution devrait être associée à une petite séance de formation. A terme il est envisageable de faire participer les associations paysannes de manière plus approfondie ; les représentants élus de ces associations pourraient alors participer activement aux prospections. Cette option intéressante ne sera sans doute pas appliquée dans un premier temps tant que la phase de rémission n'est pas atteinte.

En période de rémission, les équipes terrestres peuvent être déléguées par le CNA à d'autres organismes pour effectuer des campagnes de sensibilisation et de formation des paysans. L'expérience est en cours actuellement avec les 4 équipes terrestres du PLAAG qui travaillent en collaboration avec l'ANAE, le PSO, les PPI et le Projet Haut Mandrare. Il conviendra de faire un bilan au mois de mai 2000 avec ces différents acteurs pour éventuellement reconduire et améliorer ce partenariat. La lutte au sol dans l'aire grégarigène durant la campagne antilarvaire sera assurée par les quatre équipes terrestres et leurs organisations paysannes respectives.

Ce réseau de vulgarisation pourrait être le moteur du CNA en phase de rémission. Outre les méthodes de traitement, il pourrait permettre de véhiculer d'autres connaissances sur le milieu, les

pratiques culturelles et environnementales favorables aux locustes. Ce travail pourrait donc être envisagé dans un cadre beaucoup plus large que l'acridologie *sensu stricto*. Ce sera le rôle du responsable de la section « Formation et encadrement rural ». Malgré tout, il ne faut pas oublier qu'en période de rémission les criquets se trouvent dans les pâturages et dans des endroits isolés. Un réseau efficace de veille avec des prospecteurs expérimentés est la seule garantie d'un avertissement acridien.

6-2-2 Le dispositif antiacridien

Ce dispositif aurait Betioky comme centre. Il est composé de deux entités essentielles, un département de surveillance acridienne et un département d'intervention antiacridienne (organigramme, annexe 9).

6-2-2-1 Le système de veille

Le réseau actuel manque donc de niveaux complémentaires d'observation. Il convient de définir les trois niveaux à restaurer, et de réfléchir sur les moyens à leur allouer.

Au niveau local, il conviendra de réinstaller les prospecteurs sur les Postes Antiacridiens (PA) de l'aire grégarigène (l'aménagement de ces PA est discuté par la suite). Ensuite chaque PA doit choisir des stations fixes représentatives de la zone. Au lieu de visiter 12 stations par décade, le prospecteur ne se déplacerait que sur 5 à 10 stations uniquement. Cette diminution du nombre de stations peut se faire sans perte d'efficacité. En effet, la CRO a pour objectif prioritaire d'établir un nouvel inventaire des biotopes acridiens de l'aire grégarigène. Car le choix des stations des POR et des POL est discutable. D'autres stations sont hérités du système mis en place en 1974, mais comme nous l'avons déjà souligné, les conditions environnementales ont changé et il n'est pas du tout évident qu'une station acridienne représentative en 1974 le soit encore aujourd'hui.

Le nombre de stations par PA peut donc varier en fonction de la diversité des biotopes. Le chef PA devra effectuer les prospections acridiennes deux fois par semaine (prospections intensives). Il semble que le vélo tout terrain (VTT) soit le moyen de transport le mieux adapté. Le prospecteur pourrait alors faire ses prospections régulièrement sans dépendre de l'arrivée improbable de pièces neuves ou de carburant. Rappelons que le premier système d'avertissement mis en place en 1974 était basé sur des prospections faites à pied !

Il semble raisonnable de prospecter deux stations par jour. Les stations se situeraient dans un rayon d'une dizaine de kilomètres autour du PA. Le champ d'action autour de chaque PA est limité par le moyen de locomotion, il est possible d'installer de nouveaux postes. Dix sept PA sont actuellement en service, la rénovation et l'installation de nouveaux postes sont détaillés dans la partie suivante pour contrôler finalement 21 Postes dans toute l'aire grégarigène. Enfin, chaque décade le prospecteur doit faire un rapport sur la situation dans sa zone qu'il transmet à son chef de zone.

Au niveau régional, le rôle des actuels POR pourrait être modifié en chef de zone pour effectuer les sondages de généralisation et la synthèse sur leur région. Ils devront être dotés d'une moto 250 cm³. Le chef de zone doit aussi prospecter des stations fixes, qui sont trop éloignées des PA pour être prospectées en VTT. Mais il a surtout un rôle de coordination du système de veille sur sa zone. Il doit aussi se déplacer pour contrôler les signalisations. Enfin il doit organiser une réunion mensuelle avec ses chefs PA pour faire un point sur la situation acridienne dans l'ensemble de la région. Il faudrait prévoir six zones au total (voir tableau 4).

Au niveau national, un chef de service d'avertissement doit coordonner tout ce dispositif. Basé à Betioky, c'est sans doute le cadre du CNA qui doit faire le plus de passages sur le terrain. En effet son rôle est de pouvoir évaluer en permanence la situation acridienne. Il doit donc faire des tournées (prospections extensives) dans toute l'aire grégarigène au moins une fois par mois. Un tel parcours demande entre 10 et 15 jours de trajet en voiture. Cette tournée régulière lui permet de contrôler et de suivre les prospections intensives des chefs PA et de rencontrer les chefs de zone. Ayant une bonne connaissance de la situation globale, il peut réorganiser les trajets des chefs de zone.

A Betioky, il est chargé d'effectuer la synthèse des fiches de prospections intensives. La confrontation de l'état des populations acridiennes avec les données météorologiques permet d'éditer un bulletin mensuel et surtout de prévoir la situation à court terme. Il propose ensuite des opérations de lutte dans les foyers jugés sensibles. Il travaille donc en étroite collaboration avec le chef du dispositif de lutte.

Ce responsable devra avoir, outre un chauffeur et un manoeuvre, un secrétaire. Ce dernier devra saisir les informations acridiennes sur une base de données informatique et grâce à un logiciel de cartographie, publier les cartes de synthèse.

Tableau 1 : Matériel nécessaire pour le fonctionnement du réseau de surveillance acridienne

	<i>VTT</i>	<i>Motos</i>	<i>4X4</i>	<i>Matériel de campement</i>	<i>Kit de prospection</i>
Chef du système d'avertissement	0	0	1	1	1
Chef de zone	0	6	0	0	6
Chef PA	23	0	0	0	23
TOTAL	23	6	1	1	30

Le Kit de prospection est composé d'un filet de capture, d'une trousse à dissection, de bocaux à cyanure, d'un GPS, d'une carte FTM, d'un compteur manuel, et de cahiers et stylos. Le 4X4 doit être équipé d'une radio BLU. Le matériel de campement se résume à 1 tente, 3 lits picot et 1 caisse popote.

6-2-2-2 La lutte antiacridienne

Le réseau de veille décrit ci-dessus n'a aucune signification sans la possibilité d'intervention. C'est au chef du système d'avertissement de cibler les zones à risques. Ensuite le responsable du département d'intervention doit gérer ses équipes pour effectuer les traitements nécessaires.

Deux équipes de lutte sont disposées en permanence dans les six zones acridiennes. Elles sont composées d'un chef d'équipe, de trois agents de traitement et d'un chauffeur. Chaque équipe doit être dotée d'un 4X4 et de poudres à dos.

Chaque équipe est hiérarchiquement dirigée par le chef du département d'intervention basé à Betioky. Pour effectuer le traitement elles se déplacent sur le terrain et sont guidées par le chef de zone concerné.

En cas de multiplication des foyers de grégarisation, deux équipes de renfort recrutées temporairement viendraient tout d'abord renforcer les 6 équipes déjà présentes. Deux véhicules de réserve devront leur être mis à disposition par le CNA. Le maintien de ces deux véhicules en bon état va certainement s'avérer délicat, mais c'est une condition nécessaire pour éviter le départ d'invasions. En phase de rémission, ces équipes ne devraient être mobilisées que tous les trois ans en moyenne.

Si l'infestation gagne de plus grandes surfaces et s'étend à des endroits difficiles d'accès, le recours à des moyens aériens est à envisager. Actuellement le CNA n'a pas d'appareil et il semble utopique de voir le centre en acquérir un dans les années à venir. Il faut donc que le CNA passe un contrat avec la TAM (Travaux Aérien de Madagascar) ou avec l'armée qui a pu récemment se procurer des avions légers Joker.

Tableau 2 : Moyens du dispositif de lutte préventive

	<i>4X4</i>	<i>Pulvérisateurs à dos</i>	<i>Matériel de campement</i>	<i>Kit prospection</i>
Chef lutte préventive	1	0	1	1
Équipe de lutte préventive	6 (+2)	20	6 (+2)	6 (+2)
TOTAL	9	20	9	9

Tableau 3 : Personnel du dispositif de lutte préventive

<i>Poste</i>	<i>Total</i>
Chef de département intervention	1
Chef d'équipe	6
Agent de traitement	12
Chauffeurs	7
Total	26

6-2-2-3 Opérationnalité du système

Il convient de souligner les particularités de ce système de lutte préventive. En effet, les efforts à fournir ne sont pas constants au cours d'une année et même de plusieurs années consécutives.

C'est au cours de la saison chaude et pluvieuse que la grégarisation peut se manifester. La surveillance doit donc être très précise pendant cette période. Les prospecteurs doivent pouvoir se rendre à pied ou en vélo sur leurs stations de surveillance. Chaque station doit être visitée deux fois par semaine. Au rythme de deux stations par jour, chaque prospecteur peut suivre quatre stations au total (8 demi-journées). Les données sont immédiatement centralisées à Betioky grâce à la radio BLU. Le chef du département de surveillance doit passer voir tous les prospecteurs une fois par mois pour collecter les fiches de prospections.

De la même manière, la majorité des interventions de lutte auront lieu en cette saison. Or certaines zones sont inaccessibles dès le mois de décembre. Des produits doivent être prépositionnés dans les endroits difficiles d'accès. Les équipes de lutte, dirigées par le chef de zone, doivent ensuite être en mesure de se déplacer sur leur territoire pour répondre aux signalisations des prospecteurs.

Au contraire, la saison sèche et fraîche est l'occasion de remettre à neuf le matériel, de réviser les véhicules et d'entretenir les pistes d'aviation. Cette saison calme doit permettre aussi au personnel de suivre des formations de recyclage et de prendre des congés. La surveillance doit néanmoins continuer mais à un rythme moins soutenu ; les stations doivent être visitées au minimum une fois par mois.

A ce rythme annuel (saison sèche, saison des pluies), s'ajoute un rythme plus long. En effet, les efforts à fournir pour la surveillance et pour la lutte ne seront pas les mêmes en période de rémission ou en période d'invasion. Au cours d'une invasion généralisée, le fléau persiste tout au long de l'année et prend une ampleur nationale. La surveillance doit donc être multipliée dans le temps et dans l'espace. La lutte, quant à elle, prend des proportions plus importantes car seuls des moyens aériens peuvent venir à bout d'une invasion.

Toute la difficulté réside à obtenir un système à la fois suffisamment souple pouvant s'adapter aux différentes conditions mais aussi un système très précis pouvant obtenir des résultats satisfaisants pour prévenir et endiguer les pullulations acridiennes.

Un tel système de veille et de lutte préventive n'est valable qu'en phase de rémission, mais il permet d'éviter le démarrage d'invasions en les « étouffant dans l'œuf ». L'histoire montre cependant que les grands départs d'invasion n'ont pu être maîtrisés qu'avec le concours de l'aide internationale. Mais si le réseau de veille et de lutte préventive est correctement conduit et coordonné, il est alors possible d'éviter 95% des invasions (Launois, 1974a). De plus dans le cas d'une invasion de grande ampleur, ce dispositif permet d'alerter la communauté internationale de façon précoce et ainsi d'éviter l'extension du phénomène à tout le territoire.

6-2-3 Les travaux de réhabilitation

6-2-3-1 Le CNA

Les travaux de rénovation du CNA doivent commencer au plus tôt.

Les bâtiments

La mise en place du système de surveillance et de lutte préventive aura Betioky comme centre, ce qui vu le manque d'entretien dont a souffert le centre, demande aujourd'hui une somme considérable d'investissements.

Locaux scientifiques

- L'insectarium est à rénover et à nettoyer.
- La maison qui abrite le laboratoire et le logement de recherche est en très mauvais état. Un devis de ce logement / laboratoire fait par le même artisan il y a deux ans s'élevait à moins de 80 millions de francs

malgaches¹¹ (environ 100 millions aujourd'hui). Ceci illustre bien la dégradation actuelle des fondations et surtout des charpentes des bâtiments du CAB.

– La création d'une bibliothèque est à la fois nécessaire et urgente ; un grand nombre de documents est en train de pourrir tout doucement dans les bureaux désaffectés du CAB. Des archives précieuses sont diluées dans des tas informes de papier.

Logistique

– Un hangar fermé pour garer les véhicules est aussi nécessaire, en effet les 4X4 de réserve du PLAAG sont pour l'instant entreposés dans le magasin à pesticide, faute de place !

– Le magasin à pesticide est en bon état. Il faudra néanmoins prévoir d'y ajouter un appentis et de surmonter les murs par des barreaux rigides pour combler l'espace sous le toit.

– L'ancien atelier à souder peut être transformé en local électrique où serait entreposé le groupe électrogène. Il faut le fermer correctement et changer les tôles du toit.

– Les magasins de pièces détachés, de carburant et d'appareils de traitement sont à nettoyer et à repeindre. Il faudra ensuite réaménager l'intérieur pour disposer les objets qui sont encore utiles.

Bureaux

– Les bureaux des chefs CNA, SAAB, GMIT, GAL et du secrétariat demandent un sérieux nettoyage et une couche de peinture neuve.

– La grande maison (*Trano Menai*¹²) est le seul bâtiment en bon état, il a été rénové par la GTZ en 1992 ! Malheureusement il n'y a aucun sanitaire, ce qui rend l'installation de logements délicate. Au rez-de-chaussée, le foyer est prêt à l'emploi. Une salle de réunion pourrait être installée dans l'autre pièce. Les autres salles à l'étage pourraient servir de bureaux pour le chef PA de Betioky, les équipes de logistique et les éventuels chercheurs, stagiaires ou experts.

Logements

– L'ancienne maison du chef SAAB est en très mauvais état.

– Derrière le centre, les cases de la « cité » qui étaient traditionnellement réservées au personnel du service sont habitées en grande majorité par des retraités et leur famille. Aucune maison n'est entretenue et aucun loyer n'est réglé. Avant de se lancer dans de hasardeuses réhabilitations, il conviendra de préciser clairement la fonction de ces logements.

– Le logement du chef CNA (étage du bâtiment de la recherche) est à réhabiliter rapidement. En effet, des fuites du toit commencent à endommager les charpentes.

– Les trois autres logements du CAB sont aussi à rénover. A l'heure actuelle, ils sont occupés par un gardien, l'opérateur radio et un chef de zone au chômage technique. Ils n'ont ni cuisine, ni sanitaires. Lors de la relance du CNA, le problème des logements va se poser. Dans le CNA *sensu stricto*, il n'y a finalement que 5 logements. L'aménagement d'une partie de la « cité » sera donc nécessaire à terme.

Le coût d'une rénovation des bâtiments du CNA avoisine les 400 millions de francs malgaches (soit environ 400 000 FF). D'une part cette rénovation n'inclut pas les travaux sur les logements de la cité. D'autre part, ces prix qui ont été fixés en juin 1999 par un artisan¹³ de Betioky, risquent d'augmenter dramatiquement si les travaux ne commencent pas rapidement. Attendre revient à multiplier les coûts des travaux.

Le matériel

La rénovation des bâtiments ne tient pas compte de leur aménagement. Il faut donc meubler tout le centre, mais aussi faire des achats de gros matériel. Des ordinateurs et du matériel informatique sont à installer. Le réseau électrique est à revoir afin de mettre en marche le groupe électrogène. Un atelier de mécanique est à monter pratiquement de toutes pièces. En ce qui concerne les appareils de traitement, en dehors du tri indispensable des pulvérisateurs hors d'usage, il faut de nouveaux appareils et des pièces de rechange.

¹¹ soit 800 000 FF (1000 Fmg = 1 FF)

¹² Maison rouge

¹³ Artisan qui a déjà rénové le bureau du SAP de Betioky et la Grande maison du CAB en 1992

Le PLAAG qui est pourtant une structure légère a du mal à entretenir rapidement les véhicules. Ceci illustre bien la difficulté du maintien en bon état des voitures. Pour que les véhicules du CNA ne soient pas abandonnés lors de la première panne, il faudra prévoir un stock de pièces conséquent. De plus les véhicules, et tout le matériel en général, doivent être non seulement entretenus mais renouvelés. Le budget du CNA devra donc tenir compte de l'amortissement du matériel. Sans cette précaution, tous les investissements réalisés seront annihilés.

Il faut aussi prévoir un minimum de matériel de laboratoire, notamment dans le cas où une cellule de recherche opérationnelle verrait le jour : achat de loupes binoculaires, de matériel de dissection. Du matériel nécessaire au dosage des produits et au réglage des appareils de traitement est aussi à prévoir. Par ailleurs, outre l'archivage des données et des documents déjà existant à Betioky, la bibliothèque doit accueillir de nouveaux ouvrages. Il faut acquérir une véritable documentation scientifique dans les domaines de la météorologie, de la lutte antiacridienne, de la bio-écologie des locustes, de la prospection et de la veille acridienne, et enfin du milieu biophysique et de l'environnement.

6-2-3-2 Les Postes Antiacridiens

A côté du CNA, il ne faut pas oublier les PA qui sont le support opérationnel des activités sur le terrain et recueillent les données météorologiques. Si le chef PA est en VTT, il couvre une superficie limitée autour de son poste, il faut donc agrandir le nombre de postes. Sur les 17 PA déjà existant, certains sont en très piteux état.

Les PA peuvent être classés en trois catégories, les nouveaux PA, les PA régionaux et puis les autres.

Il faut envisager de créer un nouveau poste sur le plateau de l'Horombe, en effet, la partie du sud du plateau de l'Horombe est isolée des deux PA d'Ambovombe et de Ihosy. Le poste pourrait être installé à Analamary. Deux autres postes pourraient être installés dans les clairières du plateau Mahafaly à Ankazomanga et à Beomby.

Ceci nous mène à six zones et 23 PA. Pour l'installation de nouveaux postes, il faut tenir compte de la répartition spatiale des postes dans les trois aires (AMI, ATM et AD), et de l'accessibilité au cours de la saison des pluies. Le tableau 4 propose une répartition de PA dans 6 nouvelles zones.

Tableau 4 : Les 23 nouveaux PA

<i>Zone I</i>	<i>Zone II</i>	<i>Zone III</i>	<i>Zone IV</i>	<i>Zone V</i>	<i>Zone VI</i>
<u>Ankaroabato</u> Befandriana Manja Mandabe	<u>Tulear</u> Sakaraha Ankazoabo	<u>Ejeda</u> Beahitse Saodona Ampanihy Bekily	<u>Ambovombe</u> Beloha Lavanono Tsivory	<u>Ihosy</u> Ranohira Analamary	<u>Betioky</u> Beheloka Ankazomanga Beomby

Les PA soulignés sont ceux où résidaient les chefs de zone

La carte des zones et des PA figure en annexe 11. L'organigramme du CNA détaille l'organisation administrative et la hiérarchie de chaque poste.

Les PA à (re)construire

Si le projet de la GTZ a entretenu 17 PA, elle en a laissé certains de côté. En effet le poste de Lavanono (Zone IV) est abandonné depuis plusieurs années. Si d'importants travaux de réhabilitation sont à envisager, ce poste situé dans l'aire de densation a un rôle crucial pour la veille acridienne.

Le PA de Beheloka (Zone II) s'est physiquement écroulé l'année dernière faute d'entretien. Lui aussi dans l'aire de densation, il est à réhabiliter en priorité.

Le PLAAG a décidé de mettre en place un POL à Mandabe (Zone I). Il s'est installé dans un local prêté par la mairie. Le maire s'est d'ailleurs engagé à le réhabiliter. Néanmoins, mis à part le lit picot du POL, ce nouveau PA est vide. L'installation du panneau solaire pour le fonctionnement de la radio se fait attendre. Il est envisageable d'ouvrir cinq nouveaux PA dans des régions mal couvertes dans l'ancien réseau : un à Tsivory (Zone IV), un à Ankazoabo (Zone II), un à Analamary (Zone V), un à Beomby (Zone VI), un à Ankazomanga (Zone VI).

Les PA des zones antiacridiennes

Ces PA où résident les chefs de zone (Ankaroabato, Tulear, Ejeda, Ambovombe, Ihosy et Bétioky) sont plus grands. Une salle avec un bureau aménagé est nécessaire pour le chef de zone. De plus

ces PA ont un magasin pour entreposer les produits et le matériel de traitement. Il faut dans la plupart des cas réhabiliter ces locaux et les fermer pour assurer la sécurité. Un gardien est donc à prévoir pour ces 6 postes.

Le PA de Manja (Zone I) n'est pas un PA central mais doit tout de même avoir un magasin de stockage. En effet, la région du Menabe est complètement isolée par le Mangoky en saison des pluies. Il faut donc prépositionner des insecticides et du carburant avant le début de la campagne antilarvaire. Un gardien devra être temporairement recruté.

Les PA à réhabiliter

Les 8 autres PA sont tous à réhabiliter. Si tous doivent être repeints, la situation est à envisager au cas par cas. Mais les devis sont longs à obtenir, quand il est possible d'en établir un. De manière générale, il faut entretenir les toitures et revoir les peintures. Il semble qu'une enveloppe de 5 millions de Fmg par poste soit suffisante.

Le matériel des PA

Les PA doivent tous avoir un bureau avec une radio BLU alimentée par une batterie, elle même chargée par un panneau solaire. Il faut aussi au minimum une table, deux chaises et une armoire (très peu de PA ont ce matériel actuellement). Les PA régionaux doivent en outre avoir des étagères de rangement du matériel.

Tableau 5 : Moyens pour le fonctionnement des PA

Désignation	Quantité
Motos 250 cm ²	6
VTT	23
Radio BLU + panneau solaire	23
Abris météo	23
Mobilier de bureau	23
Magasin + gardien	7

6-2-3-3 Recueil des données météo

Auparavant chaque PA était doté d'un pluviomètre et d'un thermomètre. Le chef PA était responsable du relevé quotidien des données météorologiques. Faut-il réaménager ce réseau, faut-il déléguer cette tâche à un autre organisme qui transmettra ensuite l'information, faut-il installer des mini-stations automatiques comme le proposent les experts de la FAO (Schulten *et al*, 1999) ? La question n'est pas résolue, même si l'installation de postes pluviométriques dans les gendarmeries a plusieurs fois été évoquée, rien de concret n'est encore en vu. Cette question est cruciale, **sans un réseau étoffé d'une soixantaine de pluviomètres dans l'aire grégarigène, l'avertissement acridien est illusoire**. Même si les données pluviométriques sont de nouveau collectées dans les 24 PA, l'information obtenue reste tout de même insuffisante.

Il est aussi possible d'installer des stations météo à relevé automatique. L'entretien pourrait être confié aux chefs de zone qui auraient environ 5 stations à surveiller. La mise en place de ce système doit faire l'objet d'un appel d'offre international, dont les termes de référence peuvent être élaborés très rapidement. Il semble que ce soit un des système le plus efficace et le plus durable.

6-2-4 Le personnel

6-2-4-1 Les besoins en personnel et le recrutement

Pour faire fonctionner le dispositif de veille et de lutte préventive, il faudra certainement recruter du personnel. Ce point est fondamental et malheureusement en contradiction avec les directives générales qui tendent à dégraisser les effectifs de l'administration. Il sera notamment difficile de trouver les 23 chefs de poste sans recrutement.

Mis à part les prospecteurs, il faut pourvoir les postes de direction et d'encadrement nécessaires au bon fonctionnement du service. Betioky en tant que centre décisionnel, rassemble la quasi-totalité de ce personnel.

Personnel total du service antiacridien :

- CNA : 26 personnes
- PA : 30 personnes
- Tananarive : 2 personnes
- Équipes de lutte : 24 personnes

Le service antiacridien embaucherait 82 personnes au total.

6-2-4-2 La formation

La pyramide des âges du personnel actuellement en service à la DPV est à l'envers : la tranche d'âge de 50 à 60 ans doit représenter plus de 90% du personnel ! Ce sont aussi ces gens qui ont eu une grande expérience de la lutte antiacridienne. Ils ont pour la plupart commencé leur carrière dans les années 70. Les techniciens jeunes ayant une connaissance correcte de la réalité acridienne et parlant un bon niveau de français sont extrêmement rares et difficiles à trouver.

Un travail de formation est à envisager dans les plus brefs délais pour que la nouvelle vague puisse bénéficier de l'expérience des « anciens » et pour éviter la disparition d'ici 5 ans de tout le personnel qualifié. Cette formation doit toucher tous les niveaux : cadres du CNA, chefs PA, agents de traitement, manœuvres, opérateurs radio... Elle doit avoir une partie théorique mais surtout un volet pratique sur le terrain avec un encadrement rigoureux de l'apprentissage du métier/.

Pour les cadres du CNA, une formation à l'étranger est nécessaire.

Mis à part ce travail d'urgence, il faudra à terme remettre en place des rendez-vous réguliers de formation. Auparavant chaque campagne était clôturée par une séance de formation/recyclage. C'était l'occasion de faire un bilan de la situation et d'en tirer les enseignements nécessaires.

Conclusion

Tout le monde s'accorde à penser que nous sommes à un tournant de l'histoire acridienne à Madagascar : l'invasion qui commence à perdre de l'ampleur ouvre maintenant de nouvelles perspectives. C'est après la grande invasion de 1939-1957 que les efforts concertés du gouvernement malgache et la communauté internationale ont donné naissance à un des premiers systèmes d'avertissement acridien du monde. C'est en tirant les enseignements de l'histoire ancienne et de celle plus récente qu'un véritable Réseau Antiacridien Malgache pourra voir le jour. Cependant, rien n'est encore joué. Sur le plan acridien tout d'abord, la phase de rémission n'est toujours pas atteinte et le dispositif antiacridien est paralysé ; si une campagne antilarvaire n'est pas conduite de façon sérieuse en 99/2000, il n'est pas exclu que le fléau reparte de plus belle. Par ailleurs, mis à part les activités du PLAAG, les agents de la DPV sont restés inactifs depuis 1997. Un sentiment d'abandon de la part des équipes dirigeantes et de totale impuissance s'est emparé du personnel. Deux ans d'inertie en pleine période d'invasion ont laissé des traces.

La tâche n'est pas simple et il faudra certainement plusieurs années pour relever le CNA de ses cendres. C'est la raison pour laquelle le centre de Betioky doit être remis sur pied en priorité. Le nouveau statut du CNA doit l'abriter des *intempéries politiques*. Mais ce statut n'a aucun sens s'il n'est pas accompagné d'un vote du budget de fonctionnement à la loi de finance dès l'an 2000.

La remise en place d'un véritable service d'avertissement est techniquement possible. Avec l'aide d'un programme de recherche, le dispositif peut être optimisé. Le coût des interventions antiacridiennes depuis le début de l'invasion s'élèverait aux alentours de 70 millions de dollars. Or le fonctionnement du service antiacridien décrit dans le rapport est de 1,5 million de francs malgaches. La surveillance coûte 280 fois moins que les interventions à grande échelle (ce calcul ne prend pas en compte les pertes de cultures que subit la population). Cette surveillance serait vaine si le Criquet migrateur ne provoquait des dégâts que tous les 280 ans ! Ce qui est loin d'être le cas.

L'aide de la coopération française doit se tourner prioritairement vers des objectifs techniques permettant de remettre à jour les données bio-écologiques sur le Criquet migrateur et le Criquet nomade. Sans ces investigations scientifiques aucun réseau de veille performant ne verra le jour.

Pour finir, il faut aussi et surtout que le Gouvernement malgache définisse une politique claire à court et moyen terme pour la lutte antiacridienne. La mise en place d'un CNA se fait attendre. Seule une clarification des objectifs pourra permettre de maintenir un réseau de veille dont nous avons pu souligner le manque de régularité dans les prospections.

Références bibliographiques

1. ANDRIAMALALA, A.J.C., 1998. - *Incidence des conditions climatiques sur la dynamique des populations des Criquets migrateurs malgaches (Période 1997 - 98)*. - Univ. de Tananarive, École Supérieure Polytechnique, dépt. Météorologie. - 118p.+2 annexes, XXXIV tab., 36 fig. (Mém. fin d'Études d'ingénieur).
1. ANDRIANASOLO R. J., 1997 - *Expertise pour la réhabilitation du service antiacridien dans le sud-ouest et le sud de Madagascar (2 au 11 mai 1997)* - Ministère de l'Agriculture, direction de la protection des végétaux : Tananarive. - 11p., 3 annexes.
2. ANDRIANASOLO R. J., 1983 - *Le problème acridien à Madagascar* - M.P.A.R.A. : Tananarive. - 23p.
3. ANONYME, 1998 - *Projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA)*. - Fiche de projet, Banque Africaine de développement (BAD) : Abidjan. - 47p., 7 annexes.
4. ANONYME, 1999 - *Appui à un projet de réhabilitation du service antiacridien de Madagascar : Plan d'opération du projet* - CIRAD-PRIFAS dept AMIS : Montpellier (France). - 27p.
5. ATLAS DE MADAGASCAR, 1969. - Préparé par l'association des géographes de Madagascar. BDPA.
6. BALANÇA G. & VISSCHER M.N., 1992 - *Glossaire des termes élémentaires d'acridologie et de lutte antiacridienne en Afrique sabélienne* - OCLALAV, GTZ, CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France). - 157p.
7. BASTIAN G., 1967 - *Madagascar : Étude géographique et économique* - Nathan : Tananarive. - 192p.
8. CIRAD-GERDAT-PRIFAS (Ed. sc.), 1997 - *Éléments d'archives acridiennes à Madagascar* - CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France). - 195p.
9. DARNOFER T.O. & LAUNOIS M., 1974 - *L'optimum pluviométrique du criquet migrateur malgache : principes et applications* - MML/MET 9, Projet PNUD/FAO MAG 70/523, FAO : Rome. - 77p., 20 fig., 7 tab.
10. DURANTON J.-F., 1973 - *Les ensembles écologiques du sud et sud-ouest de Madagascar en relation avec le criquet migrateur* - MML/BIO 10, Projet PNUD/FAO MAG 70/523, FAO : Rome. - 50p., 8 fig., 2 tab.
11. DURANTON J.-F., 1981 - *Description codifiée des sites de relevés acridiens en zone tropicale semi-aride* - Bull. Informatique et biosphère, 18 : pp. 5-40
12. DURANTON J.-F., 1982 - *Rapport de mission consultative à Madagascar du 26 juillet au 20 août 1982, assorti d'une bibliographie du problème acridien à Madagascar* - D. 163, FAO : Rome/GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France). - 99p.
13. DURANTON J.-F., 1992 - *Mission d'évaluation acridienne et antiacridienne à Madagascar (13-21 juin 1992)* - D. 450, USAID : Washington / CIRAD-PRIFAS : Montpellier (France). - 64p.
14. DURANTON J.-F., 1996 - *Expertise acridienne à Madagascar. Perspectives de réhabilitation du système d'avertissement acridien (11 mars - 17 avril 1996)* D. 542, MFCAC : Tananarive / Ministère français de la Coopération : Paris / CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France). - 82p., 1 tab., 7 annexes.
15. DURANTON J.-F., 1997 - *Expertise acridienne à Madagascar, diagnostic, pronostic, perspectives 24 février au 5 avril 1997* D. 561, CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France). - 48p., 2 fig., 5 annexes.

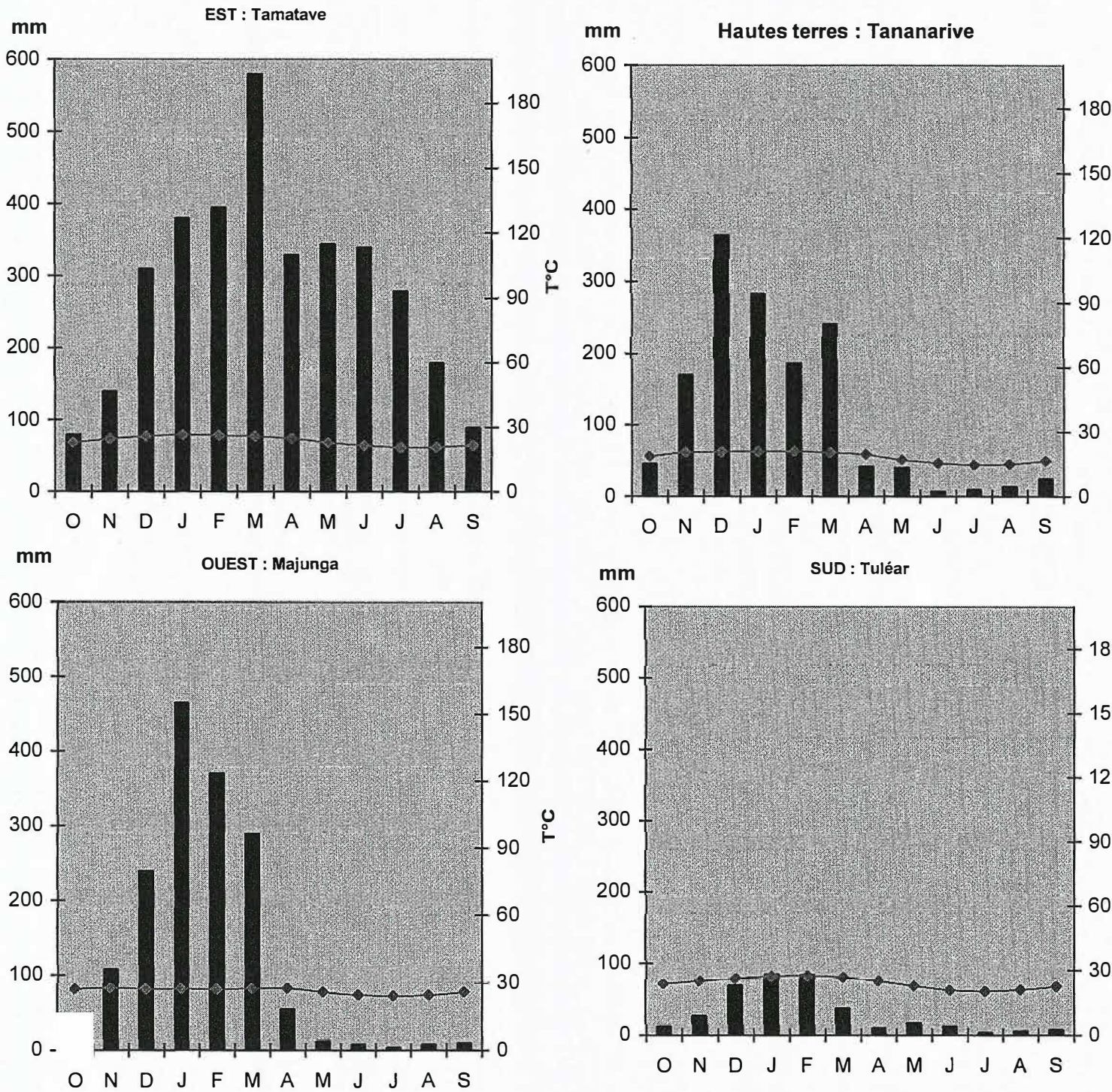
16. DURANTON J.-F., 1999-. *Situations acridiennes et antiacridiennes à Madagascar. Rapport de la quatrième mission de consultation pour la FAO (10 janvier -1er mai 1999)*. AGPP, FAO : Rome.-85 p, dont VI annexes.
17. DURANTON J.-F., HAVARD P. & LAGNAOUI S., 1999 - *Projet de Lutte Antiacridienne dans l'Aire Grégarigène (PLAAG). Bilan d'exploitation pour la période du 1^{er} janvier au 28 février 1999*. FAO/DCE, Tananarive. - 27p., 9 tab., 7 annexes.
18. DURANTON J.-F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. & LECOQ M., 1977 - *Étude pluridisciplinaire intégrée de l'écologie du criquet migrateur malgache Locusta migratoria capito (Sauss.)* - Ministère de la coopération : Paris. - 36p., 1 fig.
19. DURANTON J.-F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. & LECOQ M., 1979 - *Les voies privilégiées de déplacement du criquet migrateur malgache en phase solitaire* - Bull. Ecol., 10(2) : pp. 107-123
20. DURANTON J.-F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. & LECOQ M., 1982 - *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. I- De la Théorie... II- ... à la pratique (2 vol.)* - Ministère des relations extérieures - Coopération et Développement / GERDAT : Paris. - (695) 1496p., 631 fig., 26 tab.
21. DURANTON J.-F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. & LECOQ M., 1996 - *Le PRIFAS : 1968-1995. Programme de recherche, d'information et de formation sur les acridiens, du département GERDAT du CIRAD - CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier.* - 104p.
22. FAO, 1967 ; - *Manuel anti-acridien* - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Rome). - 164p.
23. GTZ, 1995 - *Symposium sur la lutte antiacridienne à Madagascar* - Sans réf. - Symposium du 21 au 24 février 95, Tulear - Projet DPV/GTZ (Promotion de la protection intégrée des cultures et des denrées stockées) : Tananarive. - 440p.
24. MESTRE J. & LECOQ M., 1988 - *La surveillance des sauteriaux du Sahel* - Ministère des affaires étrangères des Pays-Bas, CIRAD-PRIFAS : Montpellier (France). - 62p.
25. LANGRAND O., 1995 - *Guide des oiseaux de Madagascar* - Delachaux et Niestlé : Lausanne (Suisse)/Paris. - 416p.
26. LAUNOIS M., 1971 - *Rapport de mission : 31 août au 7 septembre 1971* - EXP A/7, Projet PNUD/FAO MAG 70/523, FAO : Betioky.- 11p.
27. LAUNOIS M., 1972 - *L'évolution de la surveillance acridienne et ses conséquences pratiques* - SF 4.4, Projet PNUD/FAO MAG 70/523, FAO : Tulear (Madagascar). - 4p., 1 carte.
28. LAUNOIS M., 1973 - *Les pullulations saisonnières du criquet migrateur à Madagascar* - MML/BIO 3, Projet PNUD/FAO MAG 70/523, FAO : Rome. - 29p., 7 fig., 4 tab., 1 carte.
29. LAUNOIS M., 1974a - *Influence du facteur pluviométrique sur l'évolution saisonnière du criquet migrateur en phase solitaire et sur sa grégarisation à Madagascar* - Ministère de la Coopération : Paris. - 159p., 41 fig., 20 tab., 3 annexes.
30. LAUNOIS M., 1974b - *Le service d'avertissement antiacridien à Madagascar. Conception et réalisation. Études biologiques.* - MML/BIO 9, Projet PNUD/FAO MAG 70/53, FAO : Rome. - 20p., 6 annexes.
31. LAUNOIS M., 1974c - *Méthodes pratiques d'analyse des populations acridiennes sur le terrain* - MML/BIO 8, Projet PNUD/FAO MAG 70/523, FAO : Rome. - 7p.

32. LAUNOIS M., 1984 - *Les bio-modèles à géométrie variable appliqués à la surveillance des criquets ravageurs* - Agro. Trop., 39(3) : pp. 269-274
33. LAUNOIS M. & LAUNOIS-LUONG M.H., 1980 - *Datation des ailes du criquet migrateur Locusta migratoria dans la nature par examen de la pilosité thoracique ventrale (Orthopt., acrididae)* - Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.), 16(2) : pp 233-247, 10 fig., 1 tab.
34. LAUNOIS M. & LECOQ M., 1990 - *Biomodélisation et stratégies de lutte antiacridienne en Afrique et à Madagascar* - D. 379, CIRAD-PRIFAS : Montpellier (France). - 12p.
35. LAUNOIS-LUONG M.H., DURANTON J.-F. & LAUNOIS M., 1973 - *La lutte écologique contre le criquet migrateur malgache passe par un plan de développement du sud* - MML/BIO 5, Projet PNUD/FAO MAG 70/523, FAO : Rome. - 16p., 2 cartes.
36. LECOQ M., 1975 - *Les déplacements par vol du criquet migrateur malgache en phase solitaire : leur importance sur la dynamique des populations et la grégarisation* - Ministère de la coopération : Paris. - 272p.
37. LECOQ M., 1991 - *Le criquet migrateur en Afrique et à Madagascar* - C2F, Coll. La série des guides pratiques de la société des Orthoptéristes. - Les guides des principaux locustes et criquets ravageurs du monde entier, Ed. Orthopterist' Society : Québec. - 31p., 10 fig., 3 cartes.
38. LOUVEAUX A., 1972 - *Action des facteurs climatiques sur le développement de Locusta migratoria capito (Sauss.) à Madagascar sur le plateau de l'Horombe* - in *Recherches acridiennes à Madagascar* - INRA Publ. 75-5, Annales de zoologie - Écologie animale, Numéro hors série - Paris. - pp 189-225
39. MONARD A., 1994 - *L'information acridienne dans les pays membres de l'OCLALAV (Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Gambie, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Tchad). Collecte, transfert, analyse et diffusion* - CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France) / Ministère de la Coopération : Paris / OCLALAV : Dakar. - XVI + 190p., 37 fig. (1 fig. hors texte), 41 tab., 2 annexes.
40. MORAT Ph., 1973 - *Les savanes du sud-ouest de Madagascar* - Mémoire N°68, ORSTOM : Bondy. - 235p.
41. RACHADI T., 1992 - *Mission d'assistance et d'évaluation antiacridienne à Madagascar, 31 octobre - 12 novembre 1992* - D. 461, Ministère de la coopération et du développement : Paris, CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France). - 24p.
42. STEEDMAN A. (Ed.), 1988 - *Locust handbook* - (2nd edn) - Overseas Development Natural Resources Institute : London. - vii + 180 p.
43. TETEFORT, J.-P. & WINTREBERT, D., 1963. - *Éléments d'acridologie pratique à Madagascar (Préface de B. ZOLOTAREVSKY)*. - L'Agronomie Tropicale, 9(sept.) : 875-932, pls tab. et fig. non-num.
44. TETEFORT J.-P. & WINTREBERT D., 1966 - *Effets éclaphiques et biotiques de l'inversion pluviométrique des saisons, important facteur de pullulation des acridiens migrants dans le Sud-Ouest malgache* - Agro. Trop., 12 p.
45. SCHULTEN G.G.M., DOBSON H., LECOQ M., de MIRANDA E.E. & PEVELING R., 1999 - *Mission de formulation d'un programme de lutte antiacridienne à court, moyen et long termes* - FAO : Rome.- 120 p., 7 annexes
46. WINTREBERT D., 1975. - *Aire grégarigène malgache de la locuste migratrice Locusta migratoria migratorides (R. & F.)*. - Acrida, V : 207-223, 3 fig., 3 tab.

Liste des annexes

Annexe 1 : Températures et pluviométries moyennes de 4 stations représentatives des ensembles bioclimatiques malgaches (1945 – 1969)	67
Annexe 2 : Histoire institutionnelle de l'invasion actuelle	68
Annexe 3 : Évaluation des densités	69
Annexe 4 : Fiche de prospection acridienne	70
Annexe 5 : Base relationnelle	75
Annexe 6 : Distribution des POR et des POL	77
Annexe 7 : Liste des stations prospectées	78
Annexe 8 : Tableaux de suivi des populations	79
Annexe 9 : Cartes des densités de <i>Locusta migratoria capito</i>	80
Annexe 10 : Cartes de suivi phyto-phénologique	81
Annexe 11 : Organigramme du CAB	82
Annexe 12 : Carte des 6 zones antiacridiennes	83

Annexe 1 : Températures et pluviométries moyennes de 4 stations représentatives des ensembles bioclimatiques malgaches (1945 - 1969)



Annexe 2 : Histoire institutionnelle de l'invasion actuelle

Décembre 97 :

- Second appel à la solidarité internationale pour intervenir significativement contre le fléau acridien à Madagascar : la situation était très préoccupante depuis la campagne 95-96.
- Annonce de l'attribution de 5 millions d'Euro par l'UE pour participer à l'effort de lutte.

Janvier 98

- Création du Comité National de Lutte Antiacridienne (CNLA), institution gouvernementale interministérielle ayant la cellule de crise antiacridienne comme instance d'exécution ; le général de brigade, Victor Ramahatra est nommé coordinateur national (CN) de la lutte antiacridienne.

Mai 98

- Mise en place dans le cadre d'un Projet de Lutte Aérienne (PLA) de moyens lourds (Aéronefs, pesticides, budgets de fonctionnement) attribués par l'UE
- Visite d'un panel d'experts internationaux de la Banque Mondiale (BM)

Juin 98

- Diffusions de relevés de conclusions du panel de la BM : puissantes réserves émises par certains bailleurs de fonds
- Réunion de panels d'experts nationaux, diffusion du document cadre de la lutte antiacridienne à Madagascar

Juillet 98

- Mise en place de Groupes Opérationnels de Lutte Antiacridienne (GOLA) par le CNLA qui remet en cause la finalité et l'opérationnalité du PLA

Octobre 98

- Mise en œuvre du plan de travail quadrimestriel n°2 (PTQ-2) prévoyant 5 zones d'intervention.
- Les bailleurs de fonds engagés dans le PLA (UE essentiellement) décident en accord avec le CN, de redéployer leurs activités dans le cadre d'un Projet de Lutte Antiacridienne dans l'Aire Grégarigène (PLAAG), se détachant concrètement du CNLA
- Décision de l'UE d'attribuer une tranche de 5 millions d'Euro supplémentaire pour assurer la campagne antilarvaire 99

Novembre 98

- Fin de campagne antiessaims, début de campagne antilarvaire
- Préparation d'un document de stratégie de lutte antiacridienne nationale

Décembre 98

- Signature du contrat de maîtrise d'œuvre déléguée pour le PLAAG, entre le CNLA et les bailleurs de fonds associés
- 31 décembre, fin de la première tranche de l'UE

Janvier 99

- Relais de la première tranche UE pour 2 mois par ECHO, via CARE France
- Mission de G. SCHULTEN, M. VAN der GRAAFF et A. BAUER pour la F.A.O., dans le cadre de la coordination des actions des bailleurs de fonds

Février 99

- Le 15, décision n°10 du ministre de l'agriculture interdisant l'utilisation de l'Adonis 4 UL (fipronil, Rhône Poulenc) en couverture totale contre les essaims.
-

Avril 99

- Arrivée de G. SCHULTEN et de M. LECOQ à Madagascar et début des activités de la mission consultative de la F.A.O. réunie à la demande de tous les acteurs de la lutte antiacridienne

Mai 99

- Le 31, fin des activités du PLAAG. Les reliquats de financement permettent la poursuite de la surveillance acridienne

Annexe 3 : Évaluation des densités

Les larves

La méthode la plus simple et la plus efficace est celle du comptage à vue. On procède ainsi :

- délimiter à 5 mètres devant soi un carré imaginaire de 1 mètre de côté,
- marcher sur ce carré en notant le nombre de larves qui s'en échappent par la suite de la perturbation due à l'approche du prospecteur,
- prospecter soigneusement la carré en partant de la périphérie vers le centre,
- noter le nombre d'individus repérés,
- répéter cette opération 100 fois en divers point de la station.

La densité larvaire à l'hectare, D, est donnée par la formule :

$$D = (\text{nombre de larves repérées} / \text{nombre de répétitions}) \times 10\,000$$

Dans le cas où les deux espèces sont mélangées, on évalue d'abord la proportion de *Locusta migratoria capito* et celle de *Nomadacris septemfasciata*. Puis on calcule la densité spécifique. Ce procédé à une précision relative, mais donne des résultats utilisables pour suivre les variations de l'importance numérique de chaque espèce, dans le temps comme dans l'espace.

Les ailés

Le comptage des adultes ailés est fondée sur le comptage à vue. La méthode consiste à dénombrer tous les ailés de *Locusta migratoria capito* et de *Nomadacris septemfasciata* s'envolant d'une bande de 100 mètres de long (120 pas du prospecteur) sur 1 mètre de large au passage de l'observateur. Dix répétitions au moins sont nécessaires pour évaluer la densité imaginaire à l'hectare, D, selon la formule :

$$D = (\text{nombre d'ailés repérés} / \text{surface parcourue}) \times 10\,000$$

Le prospecteur suit un itinéraire en ligne brisée couvrant l'ensemble de la station à étudier.

Cette évaluation n'est possible que pour des densités entre 5 et 50 000 individus par hectare. Au delà, il faut utiliser la méthode des carrés dans les mêmes conditions que les larves. Le prospecteur doit être expérimenté pour pouvoir reconnaître au vol les deux espèces d'acridiens.

Annexe 4 : Fiche de prospection acridienne

A_ Références

Prospecteur : _____ N°relv : _____ / Date : _____ N° _____ Fiche _____ :

1. POR/L : _____ 3 Fiv : _____ 4 Com.: _____
 5 Station : _____ 6 Latitude : _____° _____' S 7 Longitude : _____° _____' E Altitude : _____ m

B_ *Locusta migratoria capito* LMC

Imagos : Phase : 8 Solitaires : _____% 9 Transiens : _____% 10 Grégaires : _____%
 Stade : 11 l. mous : _____% 12 l. immat : _____% 13 l. adulte : _____% 14 Acc : _____% 15 Pnt : _____%

Stade	A1	A2	A3	A4	A5	Acc	Pnt	Vtl
16 Populations diffuses : densité : _____ / ha 17 Pop groupées densité : _____ / m ² 18 Vol clair / Essaim 19 Taille : _____ 20 Direct. du : _____ vers _____ Larves : Phase : 21 Solitaires : _____% 22 Transiens : _____% 23 Grégaires : _____%								
Stade	L1	L2	L3	L4	L5			
26 Populations diffuses, densité : _____ / ha 27 Pop groupées, densité : _____ / m ² Taches / bandes : Taille 28 Mini : _____ 29 Maxi : _____ 30 Moy : _____ 31 Equidistance : _____ Direct. du : _____ vers _____								

C_ *Nomadacris septemfasciata* NSE

Imagos : Phase : 32 Solitaires : _____% 33 Transiens : _____%
 Stade : 34 l. mous : _____% 35 l. immat : _____% 36 l. adulte : _____% 37 Acc : _____% 38 Pnt : _____%

Stade	A1	A2	A3	A4	A5	Acc	Pnt	Vtl
39 Populations diffuses, densité : _____ / ha 40 Pop groupées, densité : _____ / m ² 41 Vol clair / Essaim 42 Taille : _____ 43 Direct. du : _____ vers _____ Larves : Phase : 44 Solitaires : _____% 45 Transiens : _____% 46 Grégaires : _____%								
Stade	L1	L2	L3	L4	L5	L6		
49 Populations diffuses, densité : _____ / ha 50 Pop groupées, densité : _____ / m ² Taches / bandes : Taille 51 Mini : _____ 52 Maxi : _____ 53 Moy : _____ 54 Equidistance : _____ Direct. du : _____ vers _____								

D_ Végétation

	a Surf.rel. %	b H. moy	c Rec %	d % vert	e Germ.	f Feuille	g Fleur	h Fruit	j Sec
55 Strate arborée									
56 Strate arbustive									
57 Strate buissonneuse									
58 Strate herbeuse									
59 Cultures sèches									
60 Cultures hygrophiles									

61 Dégâts sur cultures	Nuis	Très faibles	Faibles	Moyens	Forts	Très forts
62 Humidité édaphique	Très sec	Sec	Humide	Très humide	Eau (sub)-libre	
63 Texture du sol	A	L	SF	SG	G	Bloc

Observations : Ennemis naturels : _____ Date _____ dernière
 pluie: _____ / Intensité: _____
 Traitements : _____ date _____

Comptage /m² :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
0										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Comptage bande de 100 x 1 m

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LMC									
NSE									

Captures :

Larves

		Ecl	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	
LMC	Sol									
	Trans									
	Grég									
NSE	Sol									
	Trans									

Imagos

			1	2	3	4	5	TOT		Acc	PNT
			Mou	Dur/imat	Mat/P1	>P1	Vieux	Absolu	%		
LMC	♀	Sol									
		Trans									
		Grég									
	♂	Sol									
		Trans									
		Grég									
NSE	♀	Sol									
		Trans									
	♂	Sol									
		Trans									

Table : Calendrier

Code	N° ord.	Station																								
			D1		D2		D3		D1		D2		D3		D1		D2		D3		D1		D2		D3	
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	1																									
	2																									
	3																									
	4																									
	5																									
	6																									
	7																									
	8																									
	9																									
	10																									
	11																									
	12																									
	13																									
	14																									
	15																									
	16																									
	17																									
	18																									
	19																									
	20																									
	21																									
	22																									
	23																									
	24																									
	25																									
	26																									

Table : STATION

[illegible]

Prospecteur : _____ **Fiche d'analyse par station**

Localité : _____ Commune : _____ Fivondronana : _____ LAT : _____ ° _____ ' _____ " S

LNG : _____ ° _____ ' _____ " E

Biotope : _____ Observations : _____

LMC / NSE																
Accoupl./ponte																
Imagos vieux	5															
Imagos mat.	4															
Imag.1ere vitel.	3															
Imagos imat.	2															
Imagos mous	1															
Densité Imagos																
Densité Larv.																
L7																
L6																
L5																
L4																
L3																
L2																
L1																
Eclosions																
Grégaires %																
Transiens %																
Solitaires %																
Végét. % vert																
Humidité du sol																

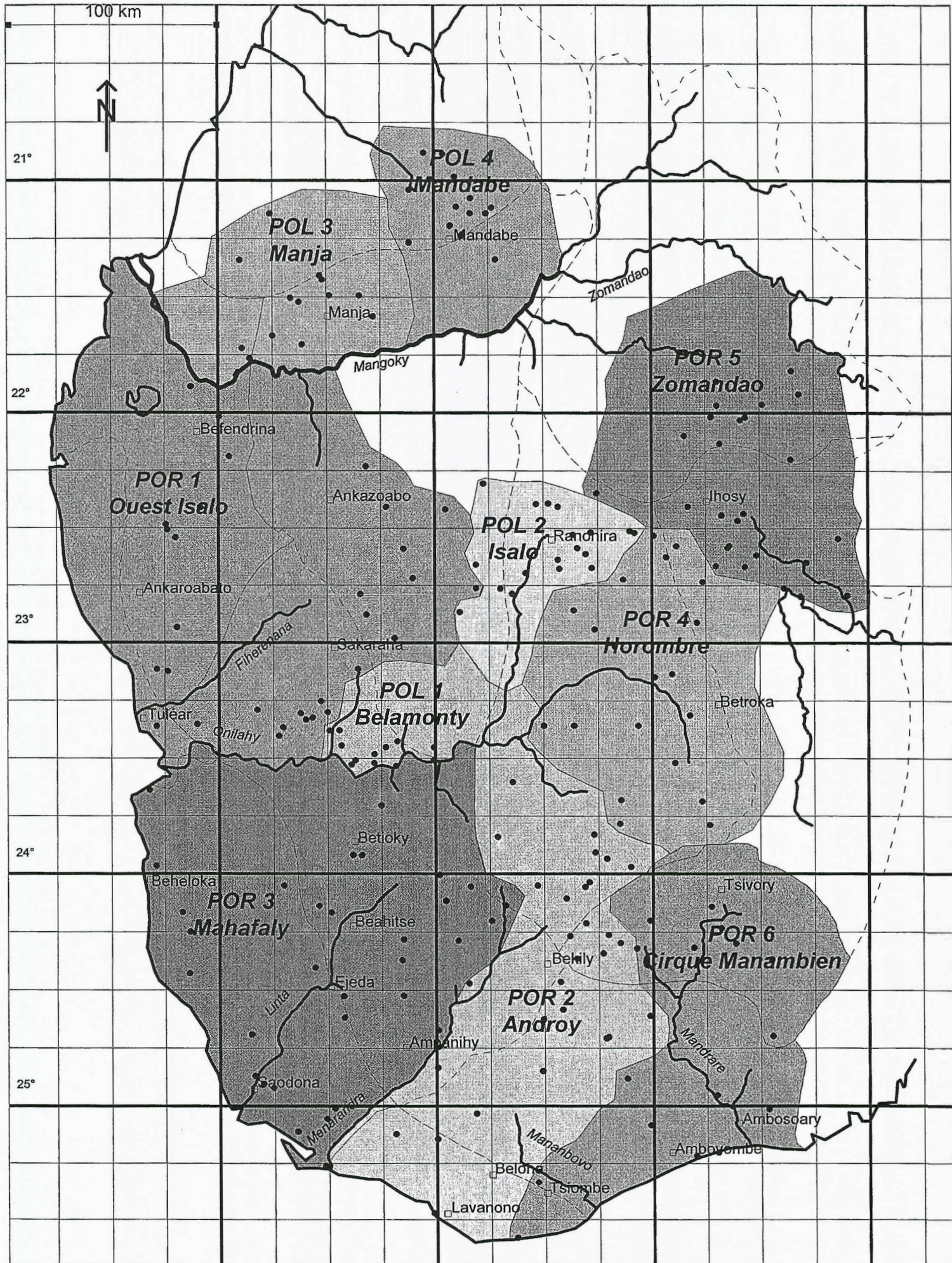
Annexe 5 : Base relationnelle

S T A T I O N S	CALENDRIER DES RELEVÉS
Code	Code
Zone_Acridienne	N°ordre
Statut	Station
Poste_Acridien	M_D_P 1
N°ordre	M_D_P 2
Station	M_D_P 3
Comm_Rurale	M_D_P 4
Fivondronana	M_D_P 5
Faritany	M_D_P 6
LAT	M_D_P 7
LNG	M_D_P 8
ALT	M_D_P 9

RELEVÉS DIACHRONIQUES	S I G N A L I S A T I O N S
Date	Code
A_Grégaires %	Date
A_Transiens %	Origine
A_Solitaires	(LAT)
A_Accouplement / Pontes	(LNG)
A_Imagos vieux (5)	Espèce
A_Imagos matures (4)	L_Type population
A_Imagos 1ere vitellogenèse	L_Surf minimale
A_Imagos imatures	L_Surf maximale
A_Imagos Mous	L_Surf moyenne
A_Dentité imagos	L_Equidistance
L_Densité larves	L_Surf zone infestée
L7	(Densité)
L6	A_Type population
L5	A_Dimension lxL km
L4	A_Surf ha
L3	A_Maturation sexuelle
L2	
L1	
Eclosion	
L_Grégaires	
L_Transiens	
L_Solitaires	
Végétation % vert	
Humidité édaphique	

PLUVIOMETRIE
Code
Station
AAAA_D-01
AAAA_D-02
AAAA_D-03
AAAA_M-01
AAAA_D-04
AAAA_D-05
AAAA_D-06
AAAA_M-02.....
AAAA

*Annexe 6 : Distribution des POR et des POL et implantation des stations de prospections
(cadrillage au seizième de degré carré)*



Annexe 7 : Liste des stations prospectées

N° de	Poste	Prospecteur	Zone	STATION	Longitude	Latitude
1	POL 1	Sambimana	Belamoty	Besahatse	44,689	23,657
2	POL 1	Sambimana	Belamoty	Ankiliarivo	44,554	23,380
3	POL 1	Sambimana	Belamoty	Inanavy	44,618	23,521
4	POL 1	Sambimana	Belamoty	Analamena	44,991	23,507
5	POL 1	Sambimana	Belamoty	Amkilimary	45,032	23,584
6	POL 1	Sambimana	Belamoty	Belamoty	44,770	23,753
7	POL 1	Sambimana	Belamoty	Behisatse	44,666	23,676
8	POL 1	Sambimana	Belamoty	Tanambao	44,564	23,445
9	POL 1	Sambimana	Belamoty	Ankilivalo	44,627	23,509
10	POL 1	Sambimana	Belamoty	Beherika	44,509	23,381
11	POL 1	Sambimana	Belamoty	Tanile	44,469	23,253
12	POL 1	Sambimana	Belamoty	Nord Belamoty	44,845	23,739
13	POL 1	Sambimana	Belamoty	Agnaboka	44,400	23,333
14	POL 1	Sambimana	Belamoty	Ambohdrano	44,500	23,300
15	POL 1	Sambimana	Belamoty	Ampasimaike	44,817	23,533
16	POL 2	Rabary	Ranohira	Andrianamero	45,467	22,394
17	POL 2	Rabary	Ranohira	Ankazotelo (reboisement)	45,717	22,517
18	POL 2	Rabary	Ranohira	Col de Tapia	45,114	22,867
19	POL 2	Rabary	Ranohira	Manantamia	45,567	22,406
20	POL 2	Rabary	Ranohira	Sakamaningy	45,567	22,636
21	POL 2	Rabary	Ranohira	Andravitra	45,636	22,528
22	POL 2	Rabary	Ranohira	Ambatofotsy	45,897	22,511
23	POL 2	Rabary	Ranohira	Andiolava	45,656	22,586
24	POL 2	Rabary	Ranohira	Tanambao2	45,356	22,786
25	POL 2	Rabary	Ranohira	Vatambe Nanarena	45,522	22,392
26	POL 2	Rabary	Ranohira	Ianakandrezo	45,419	22,694
27	POL 2	Rabary	Ranohira	Andakato Befela	45,189	22,658
28	POL 2	Rabary	Ranohira	Vavalovo	45,694	22,611
29	POL 2	Rabary	Ranohira	Ambondrobe	45,722	22,672
30	POL 3	Joseph	Manja	Tsianihy	44,100	21,342
31	POL 3	Joseph	Manja	Beravy	44,717	21,583
32	POL 3	Joseph	Manja	Ambondro	44,111	21,876
33	POL 3	Joseph	Manja	Ambivy	44,109	21,721
34	POL 3	Joseph	Manja	Malandira	44,388	21,705
35	POL 3	Joseph	Manja	Anontsibe	44,653	21,493
36	POL 3	Joseph	Manja	Beharona	44,335	21,504
37	POL 3	Joseph	Manja	Soalengo	44,514	21,493
38	POL 3	Joseph	Manja	Soaserana	44,239	21,142
39	POL 3	Joseph	Manja	Andranovorinapela	44,373	21,521
40	POL 3	Joseph	Manja	Ambinany Tanosy	44,468	21,407
41	POL 3	Joseph	Manja	Antanimainty	44,476	21,413
42	POL 3	Joseph	Manja	Ambijo	44,250	21,667
43	POL 4	Florent	Mandabe	Ampanihy	45,153	22,304
44	POL 4	Florent	Mandabe	Mahebo	45,239	21,141
45	POL 4	Florent	Mandabe	Beromomo	45,169	21,076
46	POL 4	Florent	Mandabe	Mahasoa	45,094	20,982
47	POL 4	Florent	Mandabe	Fandroa	45,124	21,238
48	POL 4	Florent	Mandabe	Mangotroky	45,167	21,141
49	POL 4	Florent	Mandabe	Besely ATM (Sud)	45,131	21,230
50	POL 4	Florent	Mandabe	Ankonatsy	45,283	21,339

N° de	Poste	Prospecteur	Zone	STATION	Longitude	Latitude
51	POL 4	Florent	Mandabe	Ankilimbazaha	44,953	20,880
52	POL 4	Florent	Mandabe	Antanimbaribe	45,266	21,116
53	POL 4	Florent	Mandabe	Ambinda	45,041	20,885
54	POL 4	Florent	Mandabe	Besely	44,884	21,039
55	POL 4	Florent	Mandabe	Maharivobe	45,074	21,194
56	POL 4	Florent	Mandabe	Soarano	44,883	21,267
57	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Plateau Saokazo	43,756	22,484
58	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Sakavilany	44,275	23,403
59	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Andranomena	43,822	23,556
60	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Berenty	45,224	22,306
61	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Bekimpay	43,916	22,410
62	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Ankilimalinika	43,762	23,123
63	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Plateau Vineta	44,430	23,324
64	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Plateau Antanimieva	43,763	22,508
65	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Befoly	44,198	23,544
66	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Vallée Androka	43,806	22,934
67	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Ampoza	44,775	22,408
68	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Andranoboka	44,004	22,016
69	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Ifaty	43,710	23,361
70	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Manombo	43,712	23,114
71	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Samangoky	43,873	21,887
72	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Fihiake	44,854	22,590
73	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Route Amboronabo	44,654	22,788
74	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Route Tandrano	44,681	22,230
75	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Ilemby	45,189	22,761
76	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Route Andranolava	44,897	22,717
77	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Foret de Mikea	43,800	22,541
78	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Route Beroroha	45,049	22,418
79	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Plaine Befandriana	44,049	22,188
80	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Route Ankazoabo	44,682	22,878
81	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Vatolatsaka (RN 10)	44,294	23,366
82	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Andranovory (RN 10)	44,375	23,306
83	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Route Bereketta	44,641	23,112
84	POR 1	Eholongony	Ouest Isalo	Mahasoa 2	44,812	22,979
85	POR 2	Lolo	Androy	Nord Manakoliva	45,686	24,056
86	POR 2	Lolo	Androy	laborano	45,847	24,297
87	POR 2	Lolo	Androy	Route Beraketa	45,793	24,262
88	POR 2	Lolo	Androy	Sakarahy	45,691	24,213
89	POR 2	Lolo	Androy	Besohihy	45,648	24,364
90	POR 2	Lolo	Androy	Lavanono	44,979	25,474
91	POR 2	Lolo	Androy	Ambalavao	45,734	23,908
92	POR 2	Lolo	Androy	Andolobory	45,489	24,849
93	POR 2	Lolo	Androy	Andamilamy	45,182	25,033
94	POR 2	Lolo	Androy	Ampasamazava	45,768	24,341
95	POR 2	Lolo	Androy	Andranomalama	45,791	24,702
96	POR 2	Lolo	Androy	Route Isoanala	45,729	23,831
97	POR 2	Lolo	Androy	Zompongotsa	44,809	25,122
98	POR 2	Lolo	Androy	Berenty2	45,285	23,840
99	POR 2	Lolo	Androy	Bedona	45,572	24,464
100	POR 2	Lolo	Androy	Ankaraisohaka	45,494	24,626

N° de	Poste	Prospecteur	Zone	STATION	Longitude	Latitude
101	POR 2	Lolo	Androy	Behoita	45,004	24,834
102	POR 2	Lolo	Androy	Route Anjamarotga	45,150	24,471
103	POR 2	Lolo	Androy	Nord Ianapera	45,356	23,602
104	POR 2	Lolo	Androy	Marovala	45,897	23,970
105	POR 2	Lolo	Androy	Antanimary	45,786	23,935
106	POR 2	Lolo	Androy	Ambatomena	45,256	24,201
107	POR 2	Lolo	Androy	Rte Ambahita	45,469	24,050
108	POR 2	Lolo	Androy	Ankitara	45,983	24,610
109	POR 2	Lolo	Androy	Manombo Antanimena	45,003	25,143
110	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Andrahovia	44,244	24,921
111	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Sainta	44,514	24,165
112	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Ambatofotsy 2	45,321	24,136
113	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Lavavolo	44,145	24,692
114	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Mahazoarivo	44,636	23,697
115	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Tanandrato	43,861	24,427
116	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Soalara	43,813	23,602
117	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Besatrana	44,615	23,919
118	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Itomboina	44,296	24,051
119	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Belafika haut	44,842	24,371
120	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Beomby	44,439	24,403
121	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Bevaha haut	44,849	24,282
122	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Bevoalavo	44,625	25,425
123	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Saodona	44,356	25,111
124	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Vohidolo	44,573	24,618
125	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Ankilibory	43,828	24,165
126	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Vohitany Ilembo	44,458	24,138
127	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Etrobeke	44,528	25,010
128	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Andranotsiriry	45,102	24,286
129	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Emengoke	45,009	24,672
130	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Ambatomainty	45,017	24,004
131	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Belalitra	44,657	23,921
132	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Betronga	44,570	24,526
133	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Mandahazo	45,159	24,055
134	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Betaly	45,046	24,116
135	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Andranotohoka	43,706	23,966
136	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Behazomby	43,864	24,248
137	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Bemba Itampolo	44,159	24,869
138	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Besely Nisoa	44,199	24,905
139	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Ankalangasa	44,489	25,055
140	POR 3	Edmond Seth	Mahafaly	Anamonta	44,847	24,524
141	POR 4	Michel	Horombe	Tritriva	46,208	22,911
142	POR 4	Michel	Horombe	laborotra	45,639	23,358
143	POR 4	Michel	Horombe	Naninora	46,175	23,314
144	POR 4	Michel	Horombe	Jangany	45,825	23,014
145	POR 4	Michel	Horombe	Est Ankazotelo	45,911	22,517
146	POR 4	Michel	Horombe	Satrokala	45,744	22,347
147	POR 4	Michel	Horombe	Iritsoka	46,092	23,133
148	POR 4	Michel	Horombe	Irina	46,324	22,443
149	POR 4	Michel	Horombe	Bepeha	46,011	23,147
150	POR 4	Michel	Horombe	Ambalateva	46,114	22,576

N° de	Poste	Prospecteur	Zone	STATION	Longitude	Latitude
151	POR 4	Michel	Horombe	Ianakafy	45,500	23,358
152	POR 4	Michel	Horombe	Analamary	45,933	23,358
153	POR 4	Michel	Horombe	Nord Andriandampy	45,867	22,722
154	POR 4	Michel	Horombe	Soamatasy	46,236	22,733
155	POR 4	Michel	Horombe	croisement Andriandanpy	46,106	23,519
156	POR 4	Michel	Horombe	Andriandampy	45,733	22,942
157	POR 4	Michel	Horombe	Agnabomary	45,853	23,681
158	POR 4	Michel	Horombe	Ankelivondrake	46,008	22,531
159	POR 4	Michel	Horombe	Mahabo	46,264	23,789
160	POR 4	Michel	Horombe	Manitsy	46,231	23,686
161	POR 4	Michel	Horombe	Agnataka	46,067	22,625
162	POR 4	Michel	Horombe	Manandrotsy	45,847	23,783
163	POR 4	Michel	Horombe	Nord Ilakaka	45,456	22,703
164	POR 4	Michel	Horombe	Ambalavaokely	45,600	24,106
165	POR 4	Michel	Horombe	Ambararata	46,397	22,467
166	POR 4	Michel	Horombe	Est Ilakaky	45,639	22,858
167	POR 4	Michel	Horombe	Nord col des tapia	45,303	22,764
168	POR 4	Michel	Horombe	Manankoliva	45,706	24,036
169	POR 5	Pierre	Zomandao	Andranogaga	46,682	21,919
170	POR 5	Pierre	Zomandao	Vatovaky	46,644	22,200
171	POR 5	Pierre	Zomandao	Ivandrika	46,425	22,436
172	POR 5	Pierre	Zomandao	Sahamasy	46,169	22,405
173	POR 5	Pierre	Zomandao	Vohidava	46,297	22,664
174	POR 5	Pierre	Zomandao	Nanarena	46,485	22,617
175	POR 5	Pierre	Zomandao	Tambohobe	46,648	21,818
176	POR 5	Pierre	Zomandao	Andriabe	46,861	22,544
177	POR 5	Pierre	Zomandao	Mahabodo	46,512	21,964
178	POR 5	Pierre	Zomandao	Beadabo	46,713	22,648
179	POR 5	Pierre	Zomandao	Ivaky	46,904	22,793
180	POR 5	Pierre	Zomandao	Vonje	46,434	22,019
181	POR 5	Pierre	Zomandao	Itremo	46,411	22,030
182	POR 5	Pierre	Zomandao	Kotoroa	46,276	22,017
183	POR 5	Pierre	Zomandao	Andrianakoho	46,352	22,583
184	POR 5	Pierre	Zomandao	Ivory	46,611	22,761
185	POR 5	Pierre	Zomandao	Besoa	46,689	22,798
186	POR 5	Pierre	Zomandao	Manomboarivo	46,302	21,968
187	POR 5	Pierre	Zomandao	Ampandramamaha	46,302	21,865
188	POR 5	Pierre	Zomandao	Antsoha	46,152	22,098
189	POR 5	Pierre	Zomandao	Andronoboaky 2	46,316	22,131
190	POR 5	Pierre	Zomandao	Amberavy	46,431	22,667
191	POR 5	Pierre	Zomandao	Tanamary	46,359	22,576
192	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Andranomala	45,781	24,707
193	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Soatsifa	46,233	25,369
194	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Antsatra	46,383	24,300
195	POR 6	Tokia	Cirque Manambi	Terrain aviation Tsihomb	45,467	25,333
196	POR 6	Tokia	Cirque Manambi	Ampamata	45,617	24,267
197	POR 6	Tokia	Cirque Manambi	Ankilimanarivo	45,983	24,200
198	POR 6	Tokia	Cirque Manambi	Ampamolora	45,983	25,083
199	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Bealoke	46,299	25,203
200	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Behara	46,534	25,014

N° de	Poste	Prospecteur	Zone	STATION	Longitude	Latitude
201	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Tranomaro	46,553	24,697
202	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Antsira	45,877	24,881
203	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Maromby	46,550	24,367
204	POR 6	Tokia	Cirque Manambi	Sud Amboangy	46,383	24,300
205	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Mahazoarivo 2	46,317	24,233
206	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Vohitosy	46,271	24,141
207	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Marotsiraka	46,191	24,316
208	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Bereha (Ebelo)	45,967	24,383
209	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Andalatanosy	45,583	24,583
210	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Nord Ambonaivo	45,924	24,320
211	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Anjekotsy	45,370	25,581
212	POR 6	Tokia	Cirque Manabien	Anarafaly (ifotaka)	46,295	24,952

Annexe 8 : Tableaux de suivi des populations

- Station n°1, Besahatse, suivie par M. Sambimana (POL 1)
- Station n°61, Bekimpay, suivie par M. Eholongony (POR 1)
- Station n°118, Itomboina, suivie par M. Seth (POR 3)
- Station n°121, Bevaha haut, suivie par M. Seth (POR 3)

StadeLOC

N° de station

Poste

Prospecteur

Zone

STATION

longitude

latitude

	<i>Février</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juillet</i>	<i>Août</i>				
<i>A1</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A1</i>		
<i>A2</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>A2</i>	
<i>A3</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>A3</i>
<i>A4</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A4</i>
<i>A5</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A5</i>

N° de station

61

Poste

POR 1

Prospecteur

Eholongony

Zone

Ouest Isalo

STATION

Bekimpay

longitude

43,916

latitude

22,410

	<i>Février</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juillet</i>	<i>Août</i>	
<i>A1</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A1</i>
<i>A2</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>A2</i>
<i>A3</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>A3</i>
<i>A4</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A4</i>
<i>A5</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A5</i>

jeudi 9 décembre 1999

N° de station

118

Poste

POR 3

Prospecteur

Edmond Seth

Zone

Mahafaly

STATION

Itomboina

longitude

44,296

latitude

24,051

	<i>Février</i>	<i>Mars</i>		<i>Avril</i>		<i>Mai</i>		<i>Juin</i>		<i>Juillet</i>		<i>Août</i>		
<i>A1</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A1</i>
<i>A2</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A2</i>
<i>A3</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>A3</i>
<i>A4</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A4</i>
<i>A5</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>A5</i>

jeudi 9 décembre 1999

N° de station

121

Poste

POR 3

Prospecteur

Edmond Seth

Zone

Mahafaly

STATION

Bevaha haut

longitude

44,849

latitude

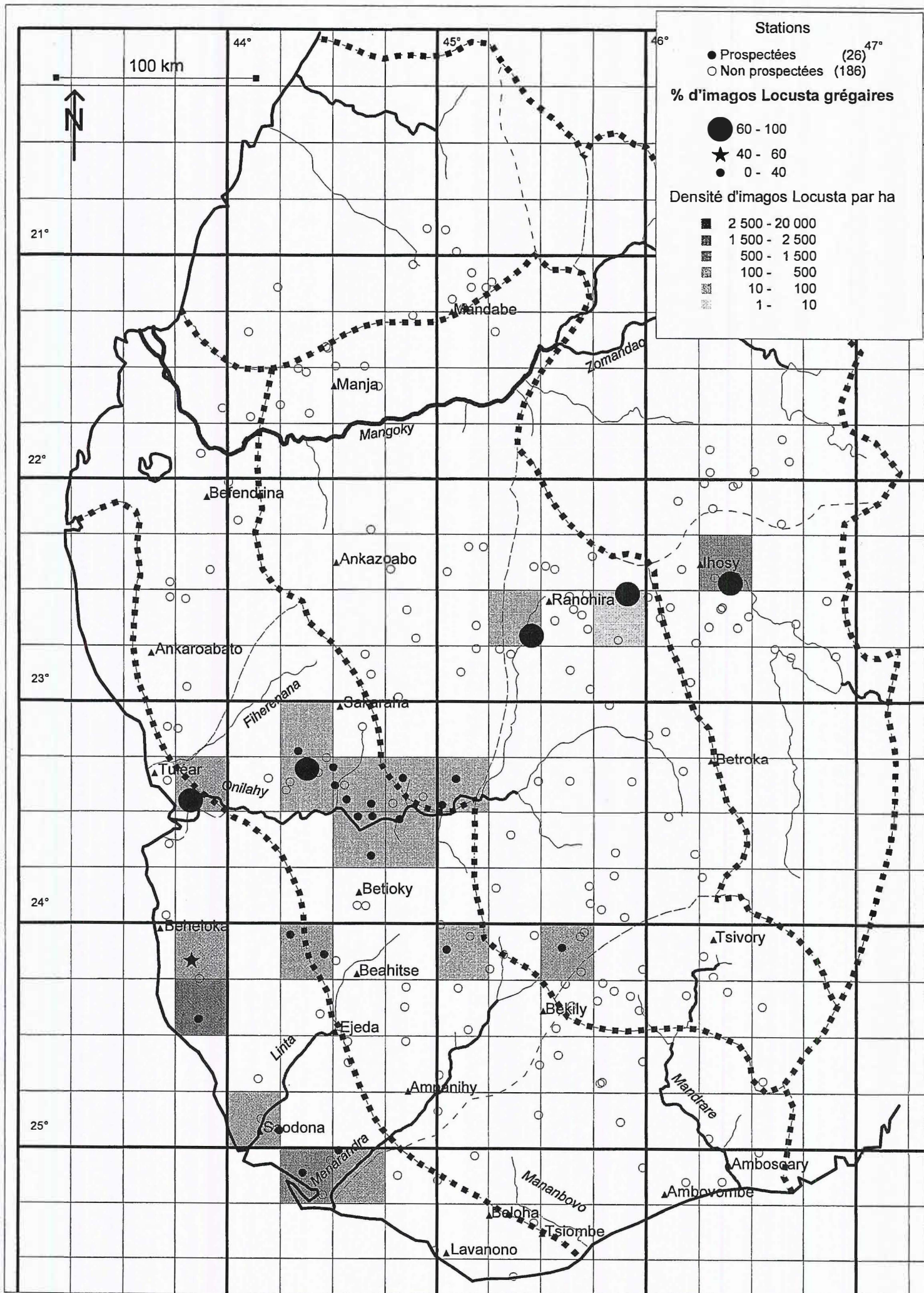
24,282

	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
A1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A1
A2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A2
A3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A3
A4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A4
A5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A5

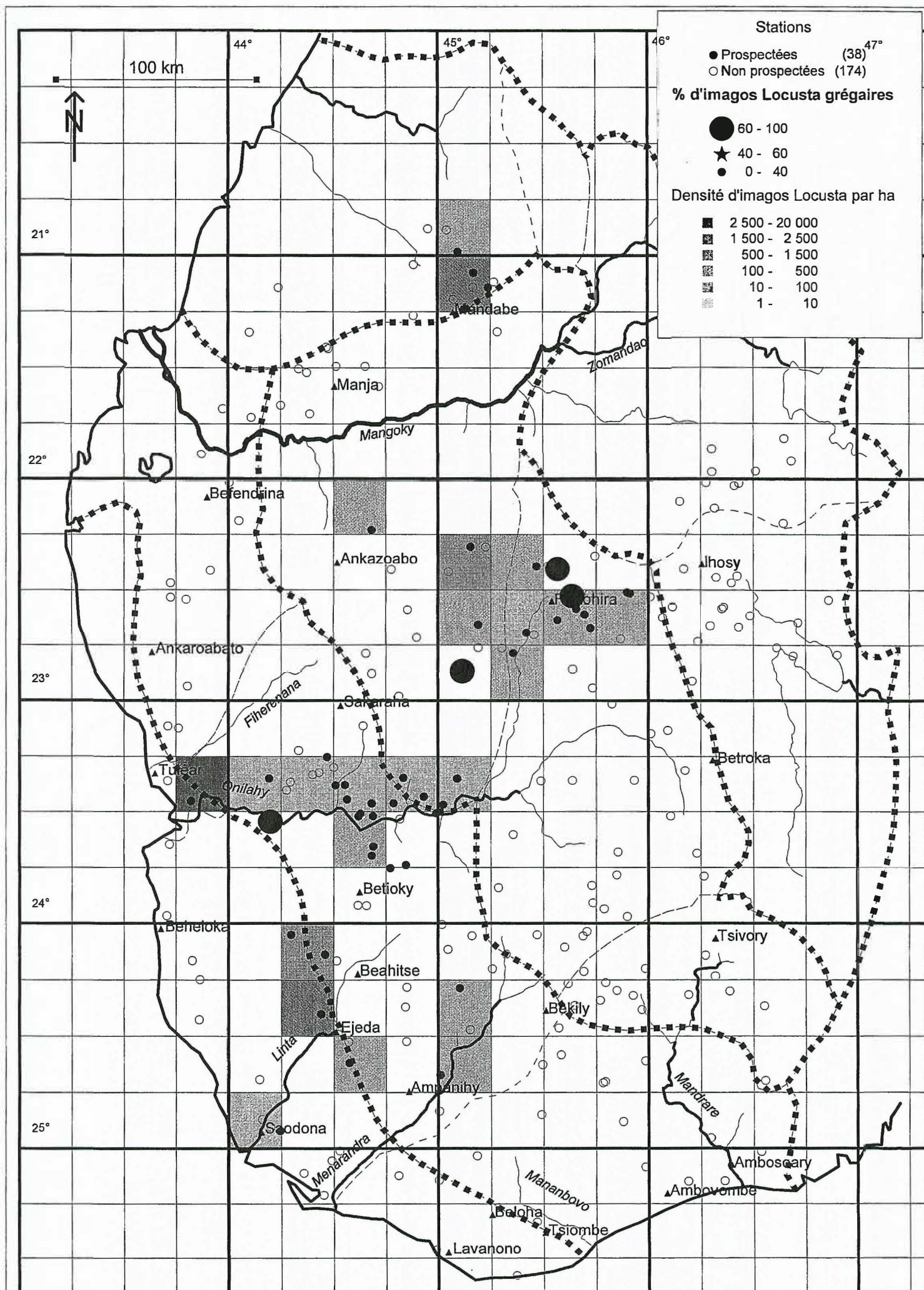
Annexe 9 : Cartes des densités de Locusta migratoria capito

- Densité d'imago *Locusta* – 2^e quinzaine de février
- Densité d'imago *Locusta* – 1^e quinzaine de mars
- Densité d'imago *Locusta* – 2^e quinzaine de mars
- Densité d'imago *Locusta* – 1^e quinzaine d'avril
- Densité d'imago *Locusta* – 2^e quinzaine d'avril
- Densité d'imago *Locusta* – 1^e quinzaine de mai
- Densité d'imago *Locusta* – 2^e quinzaine de mai
- Densité d'imago *Locusta* – 1^e quinzaine de juin
- Densité d'imago *Locusta* – 2^e quinzaine de juin
- Densité d'imago *Locusta* – 1^e quinzaine de juillet
- Densité d'imago *Locusta* – 2^e quinzaine de juillet
- Densité d'imago *Locusta* – 1^e quinzaine d'août
- Densité d'imago *Locusta* – 2^e quinzaine d'août
- Densité d'imago *Locusta* – 1^e quinzaine de septembre
- Densité d'imago *Locusta* – 2^e quinzaine de septembre

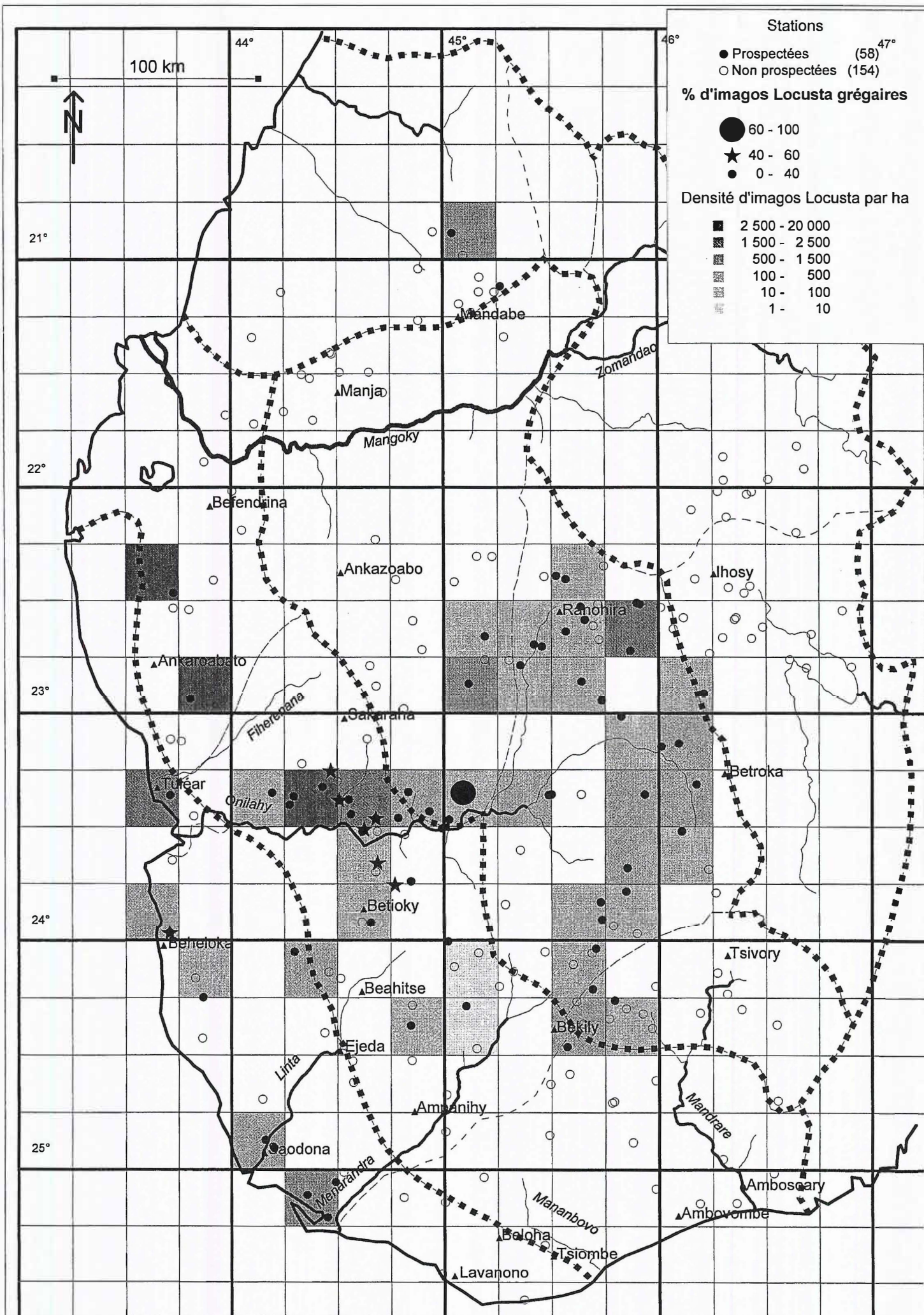
Densité d'imagos Locusta 2^e quinzaine de février 1999



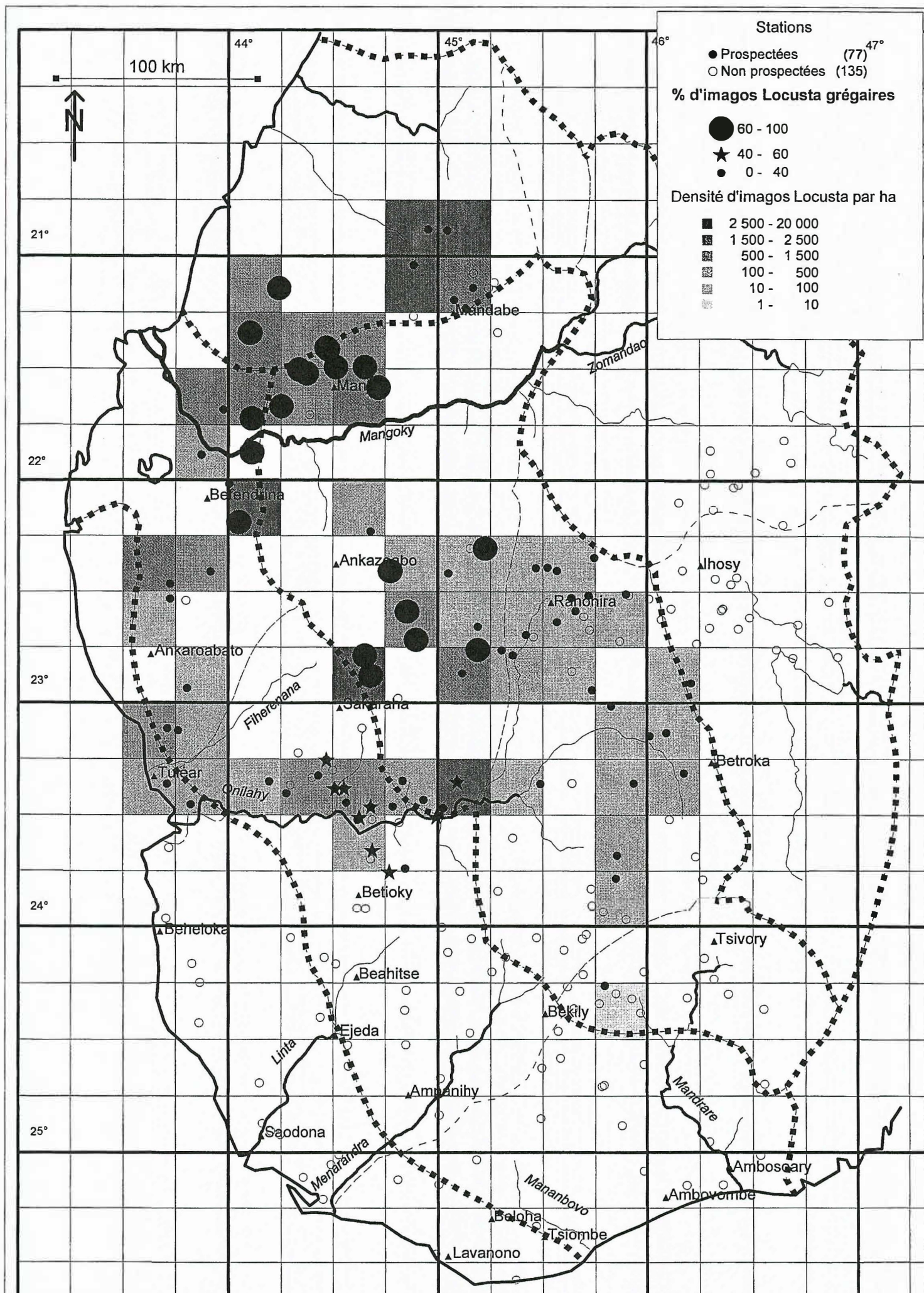
Densité d'imagos Locusta 1^{er} quinzaine de mars 1999



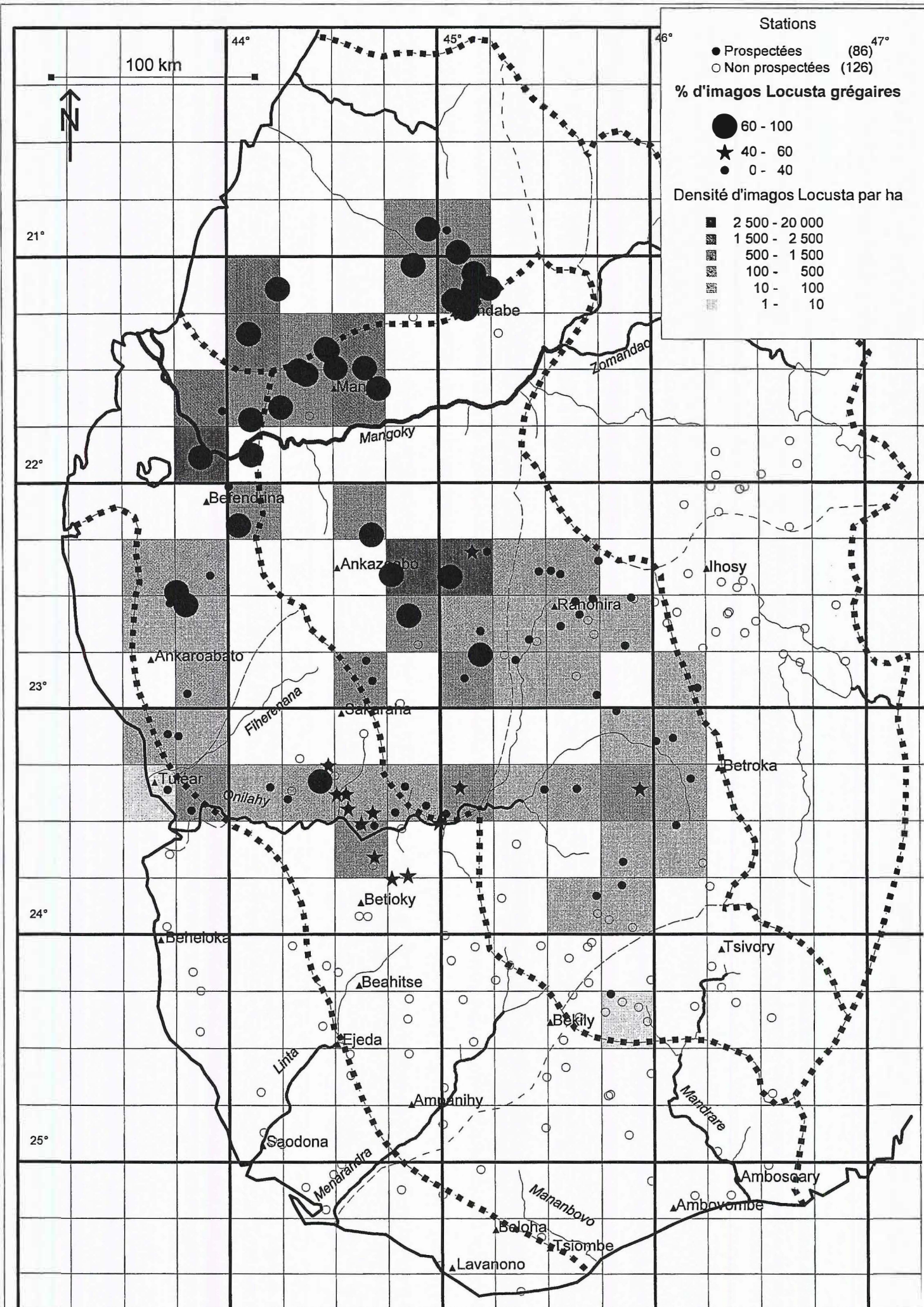
Densité d'imagos Locusta 2^e quinzaine de mars 1999



Densité d'imagos Locusta 1^o quinzaine d'avril 1999

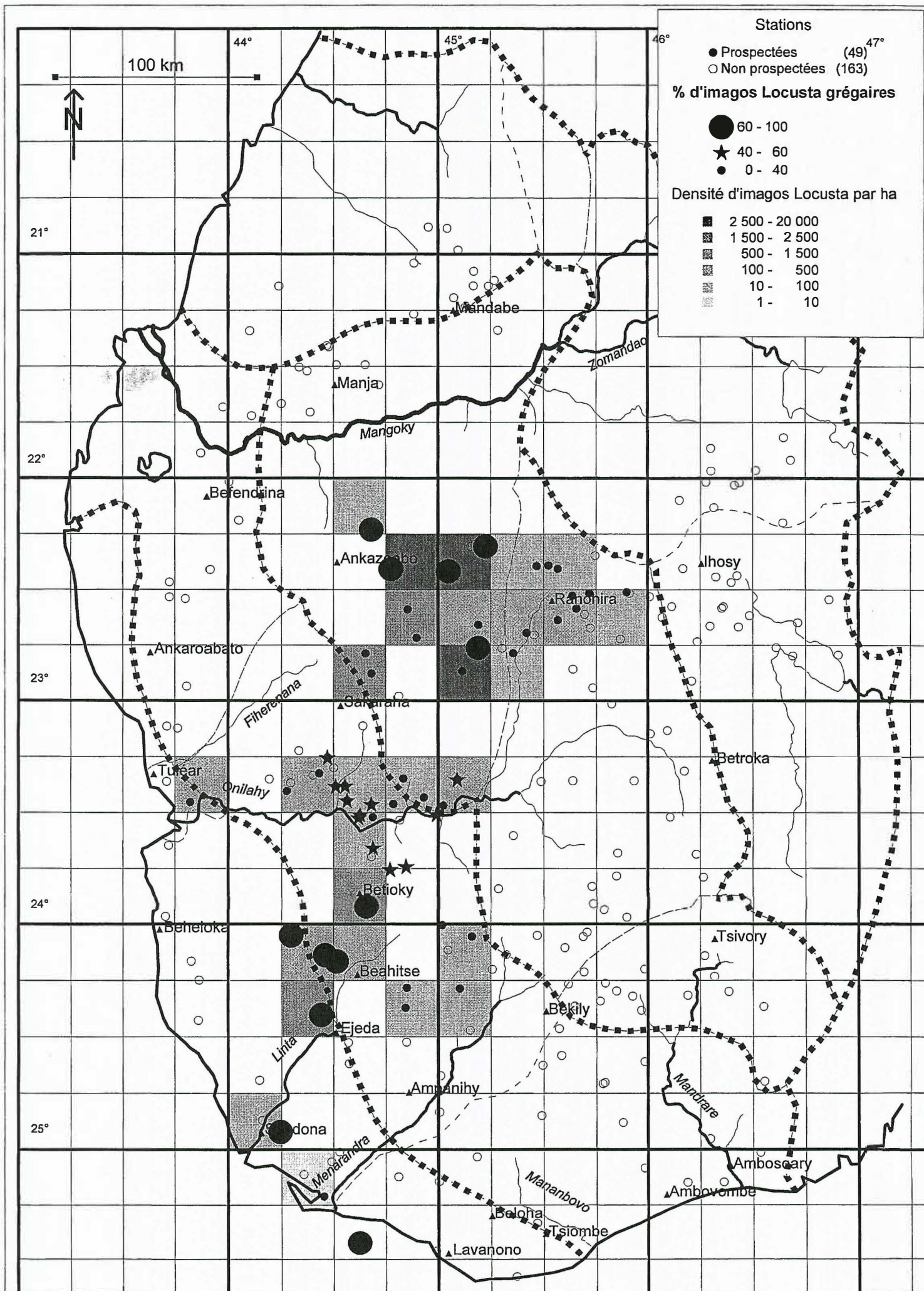


Densité d'imagos Locusta 2^e quinzaine d'avril 1999

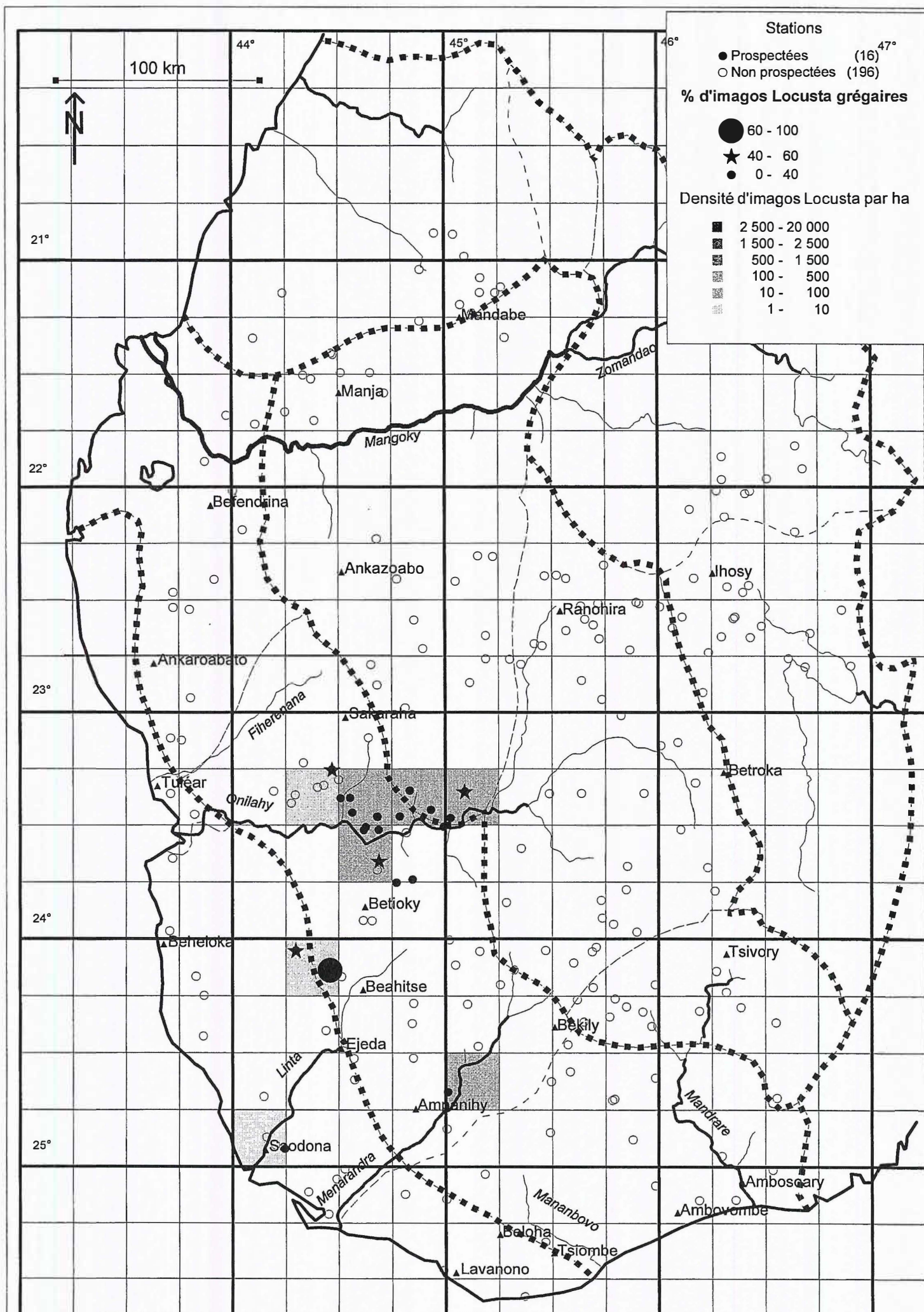


Densité d'imagos Locusta

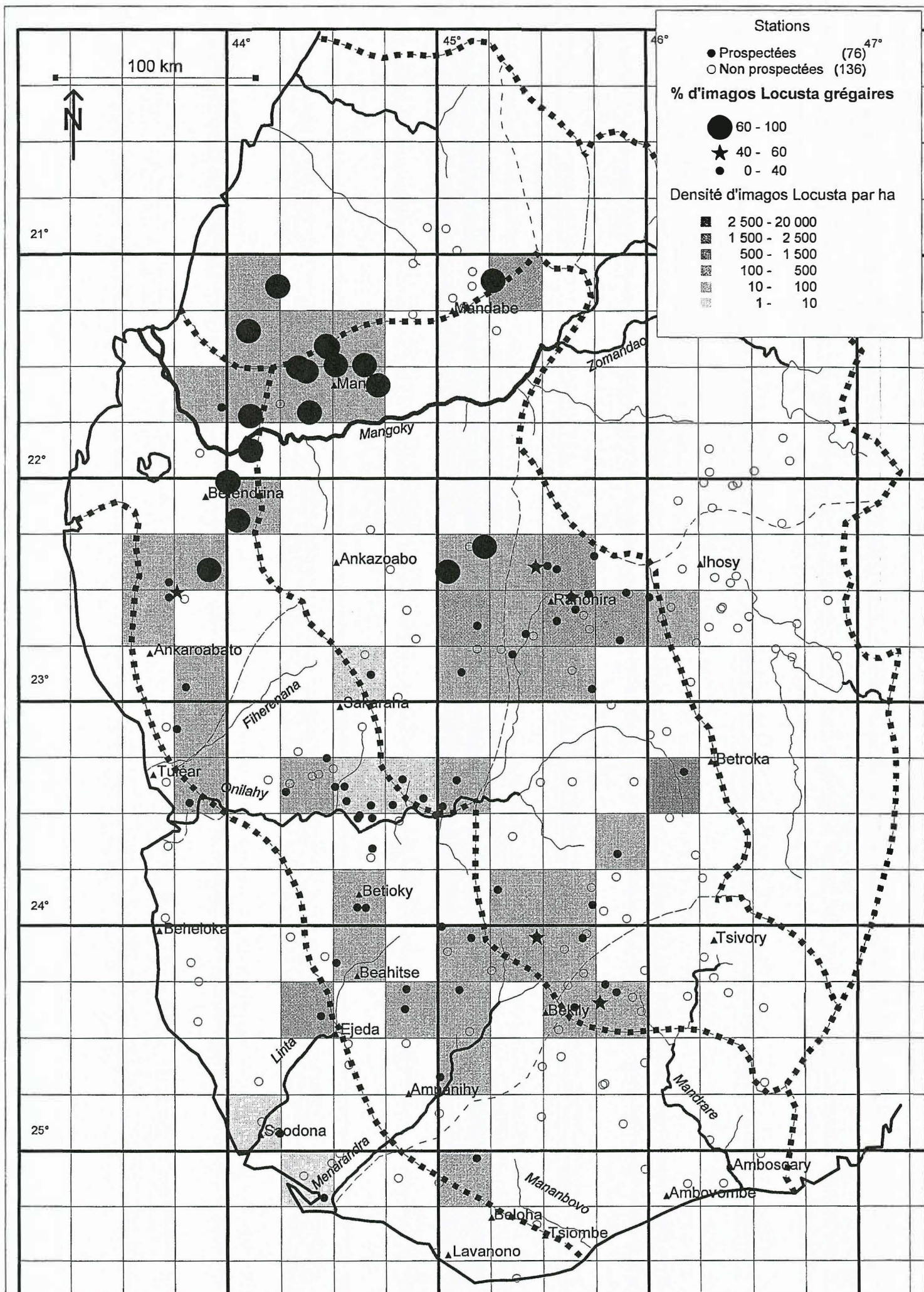
1^o quinzaine de mai 1999



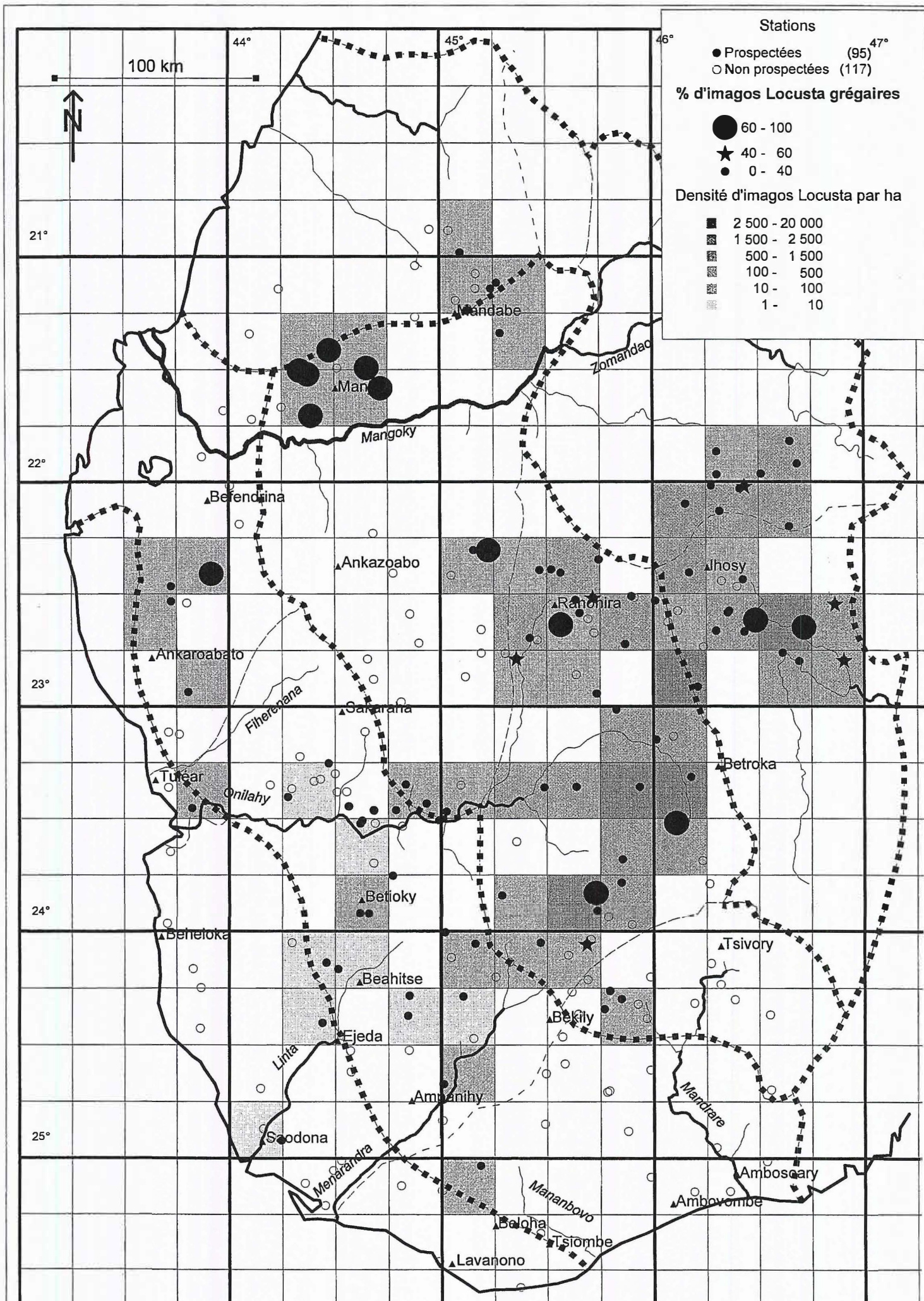
Densité d'imagos Locusta 2^e quinzaine de mai 1999



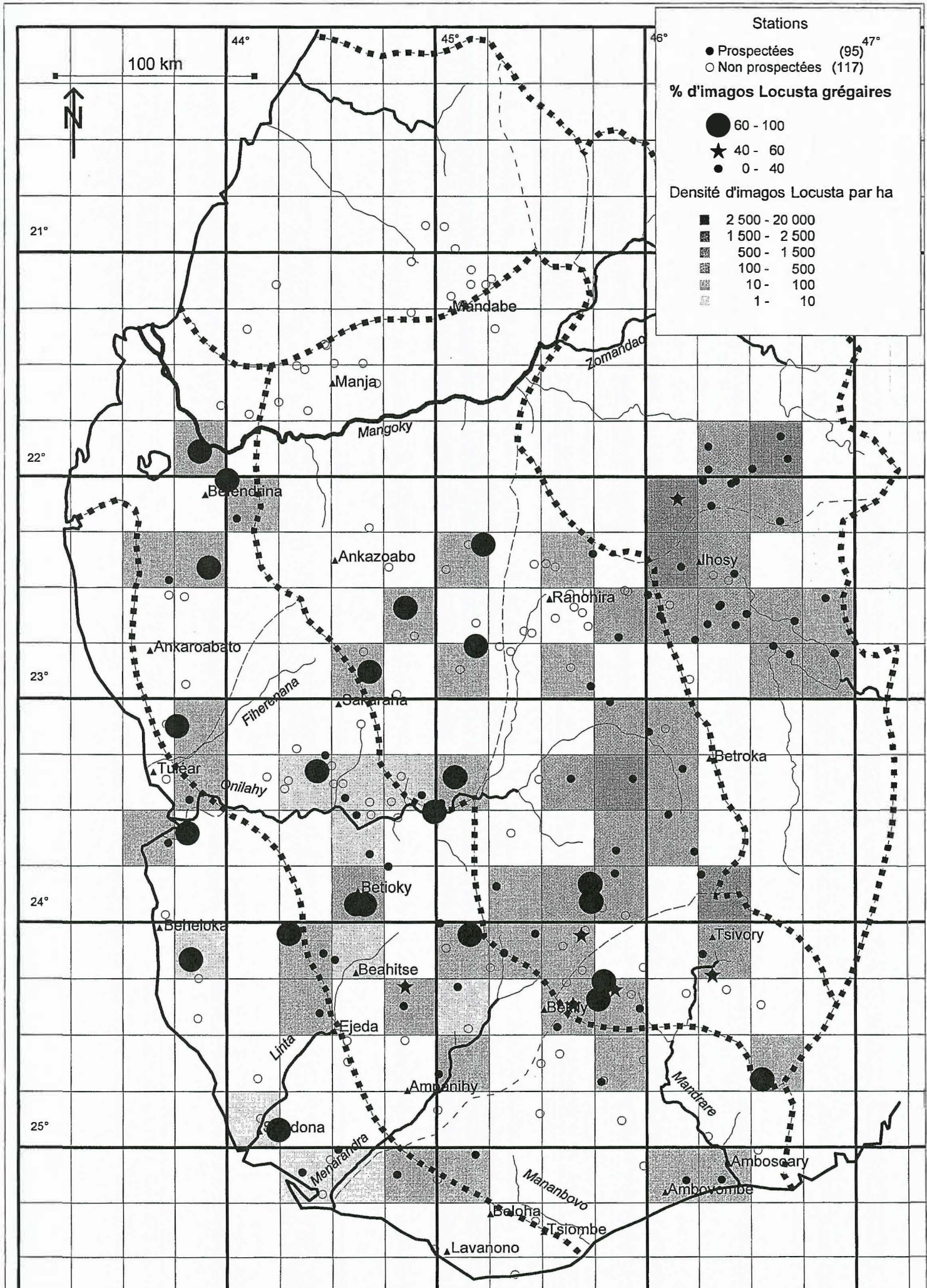
Densité d'imagos Locusta 1^{re} quinzaine de juin 1999



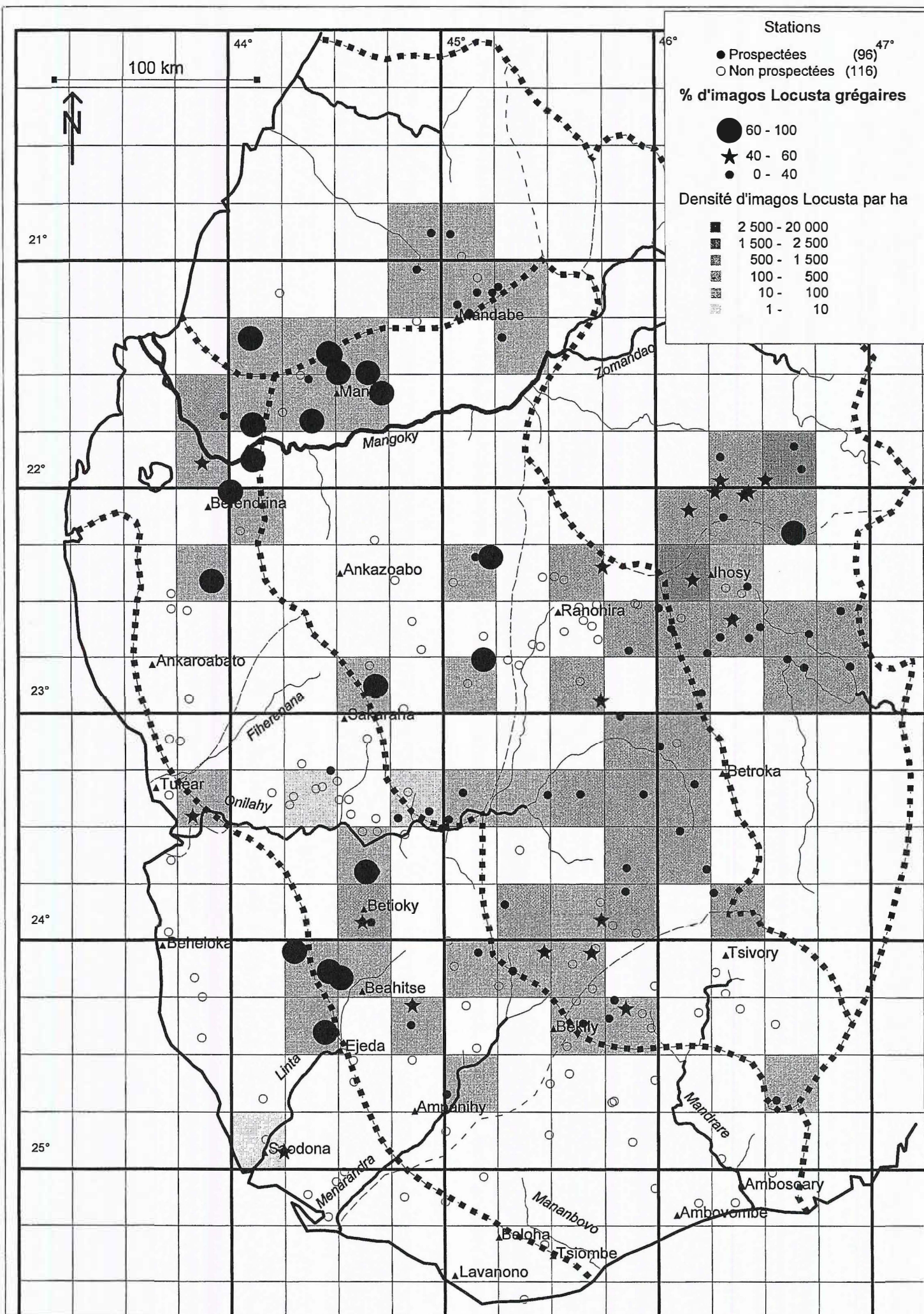
Densité d'imagos Locusta 2^e quinzaine de juin 1999



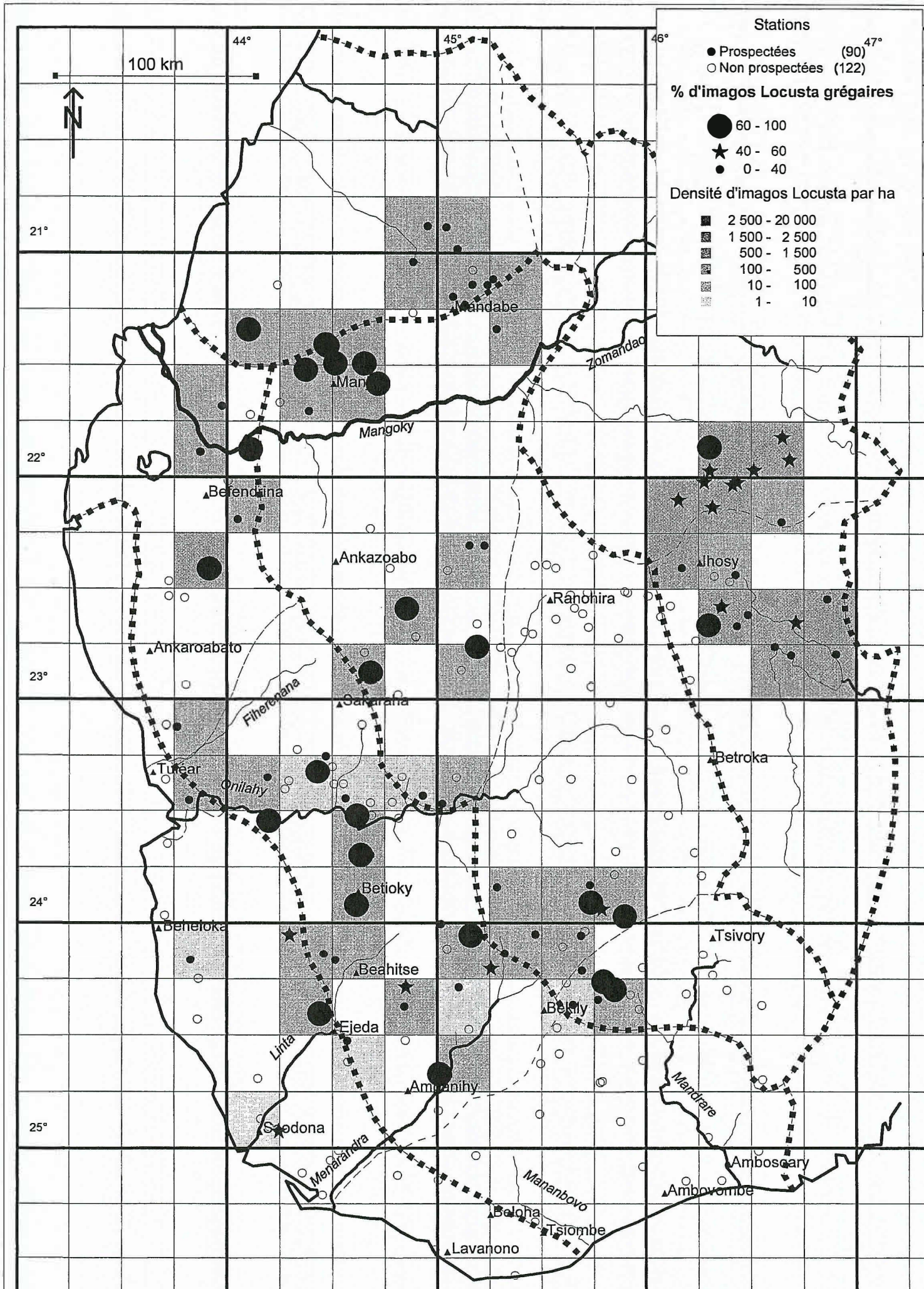
Densité d'imagos Locusta 1^{re} quinzaine de juillet 1999



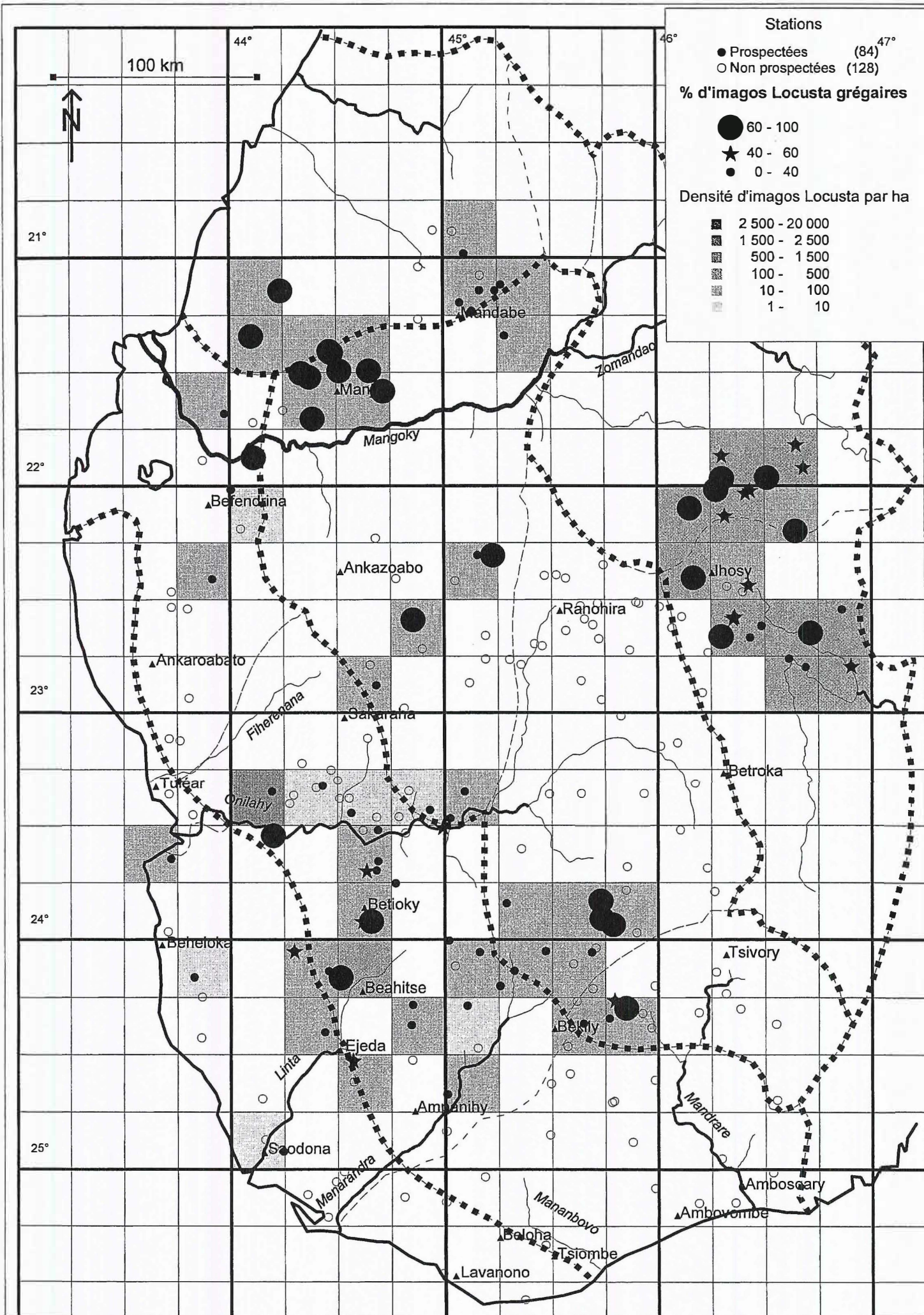
Densité d'imagos Locusta 2^e quinzaine de juillet 1999



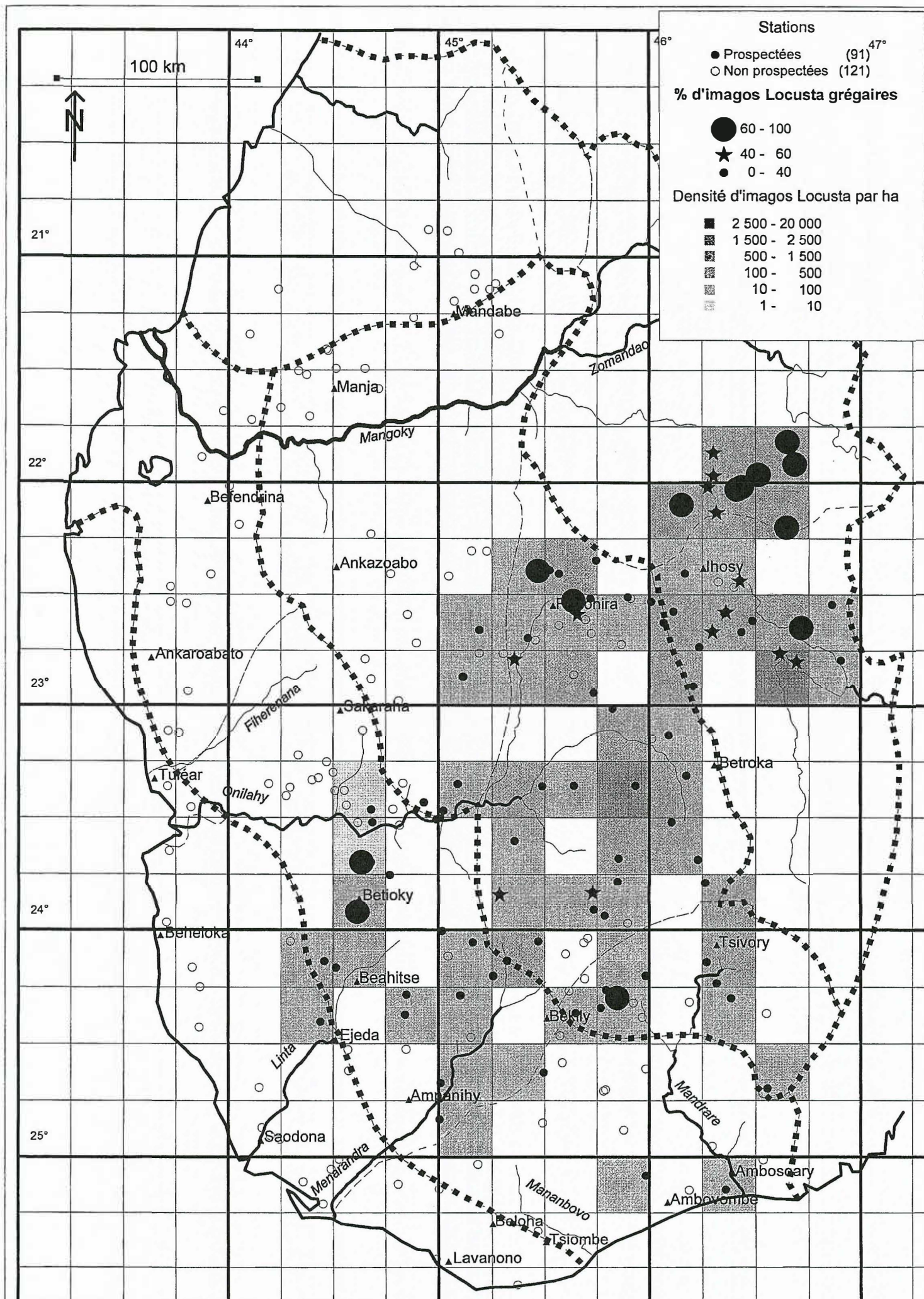
Densité d'imagos Locusta 1^{re} quinzaine d'août 1999



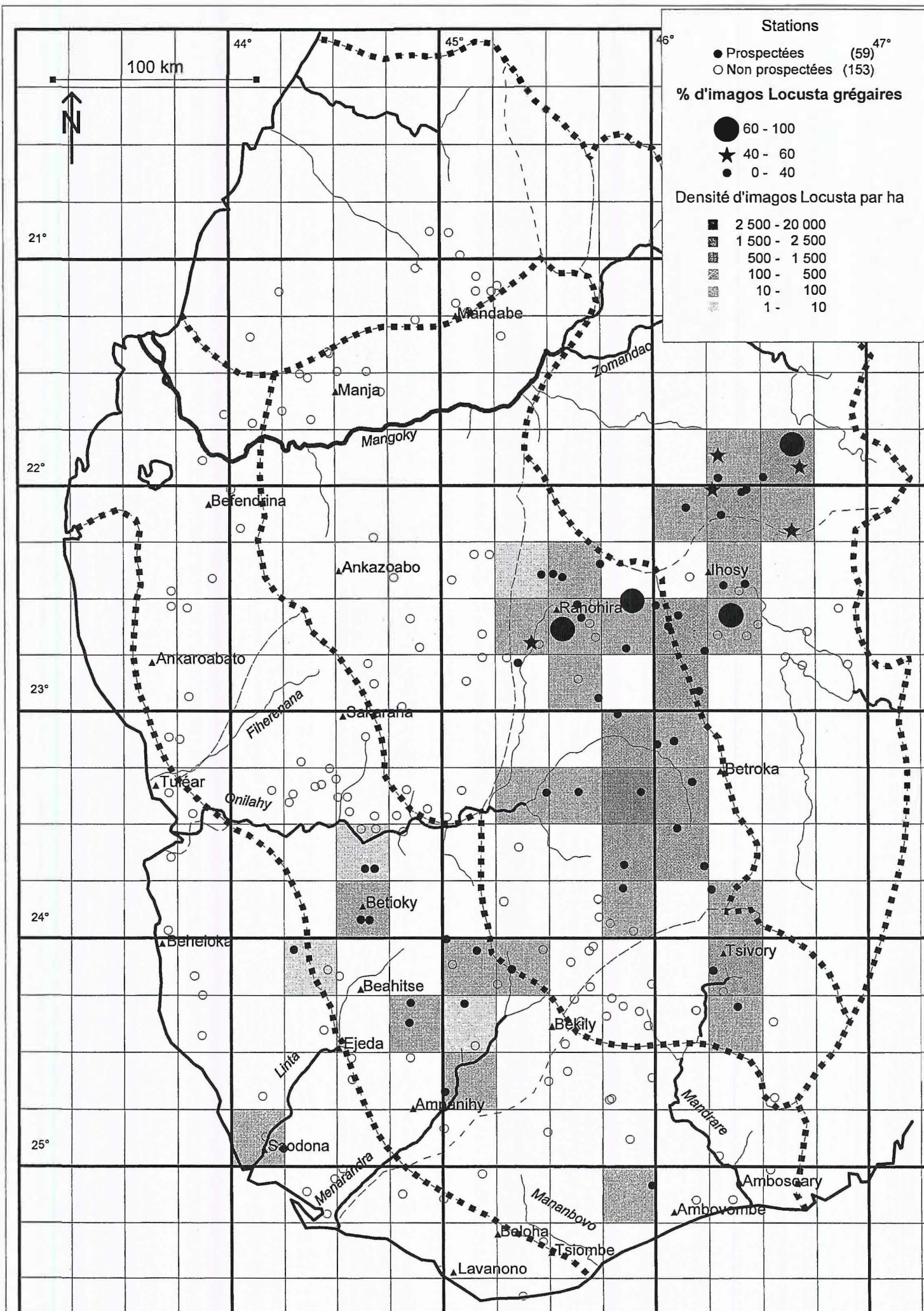
Densité d'imagos Locusta 2° quinzaine d'août 1999



Densité d'images Locusta 1^{er} quinzaine de septembre 1999



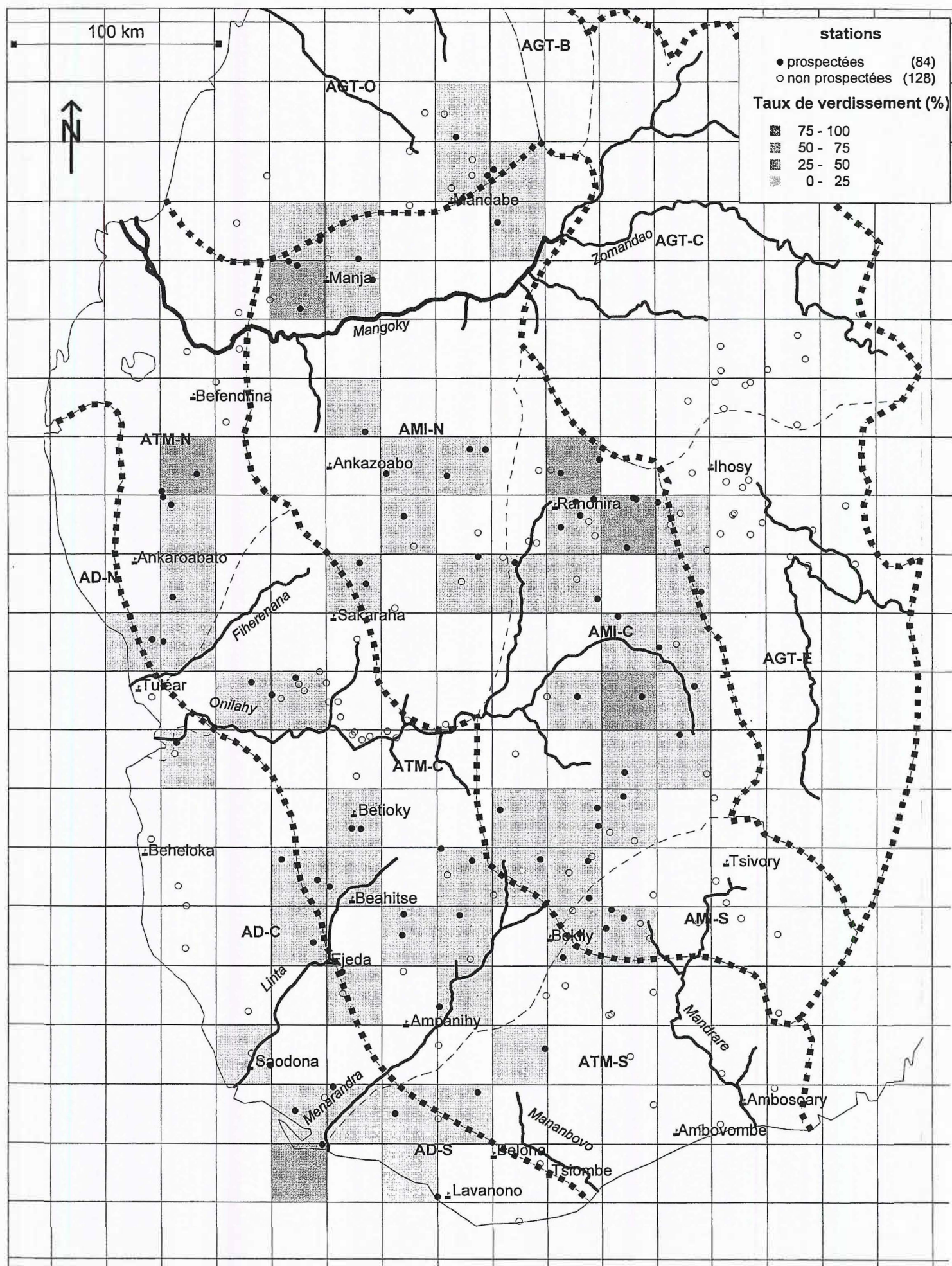
Densité d'imagos Locusta 2^e quinzaine de septembre 1999



Annexe 10 : Cartes de suivi phyto-phénologique

- Verdissement de la strate herbeuse – 2^e quinzaine de juin
- Verdissement de la strate herbeuse – 1^e quinzaine de juillet
- Verdissement de la strate herbeuse – 2^e quinzaine de juillet
- Verdissement de la strate herbeuse – 1^e quinzaine d'août
- Verdissement de la strate herbeuse – 2^e quinzaine d'août
- Verdissement de la strate herbeuse – 1^e quinzaine de septembre
- Verdissement de la strate herbeuse – 2^e quinzaine de septembre

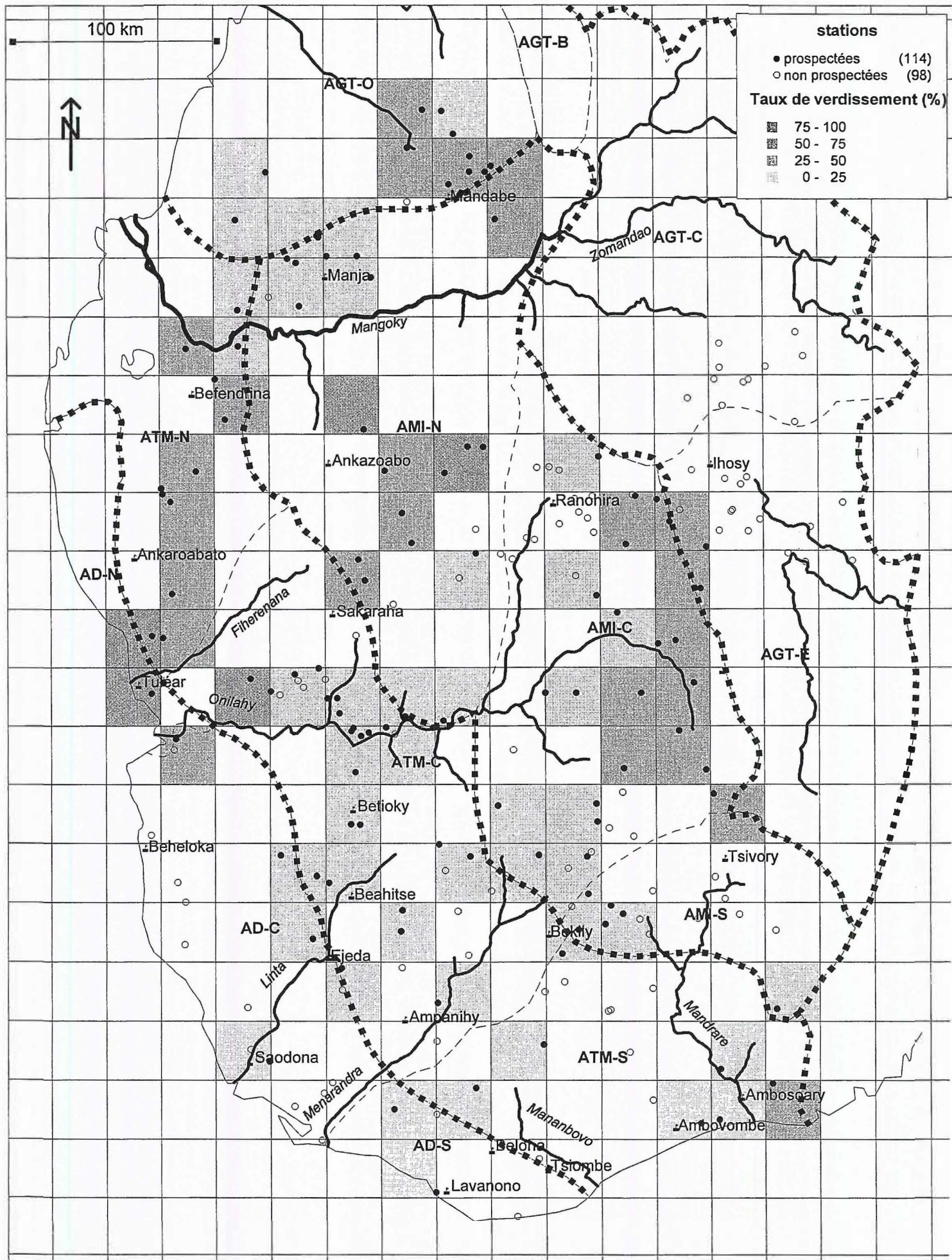
Verdissement de la strate herbuse 2^e quinzaine de juin 1999



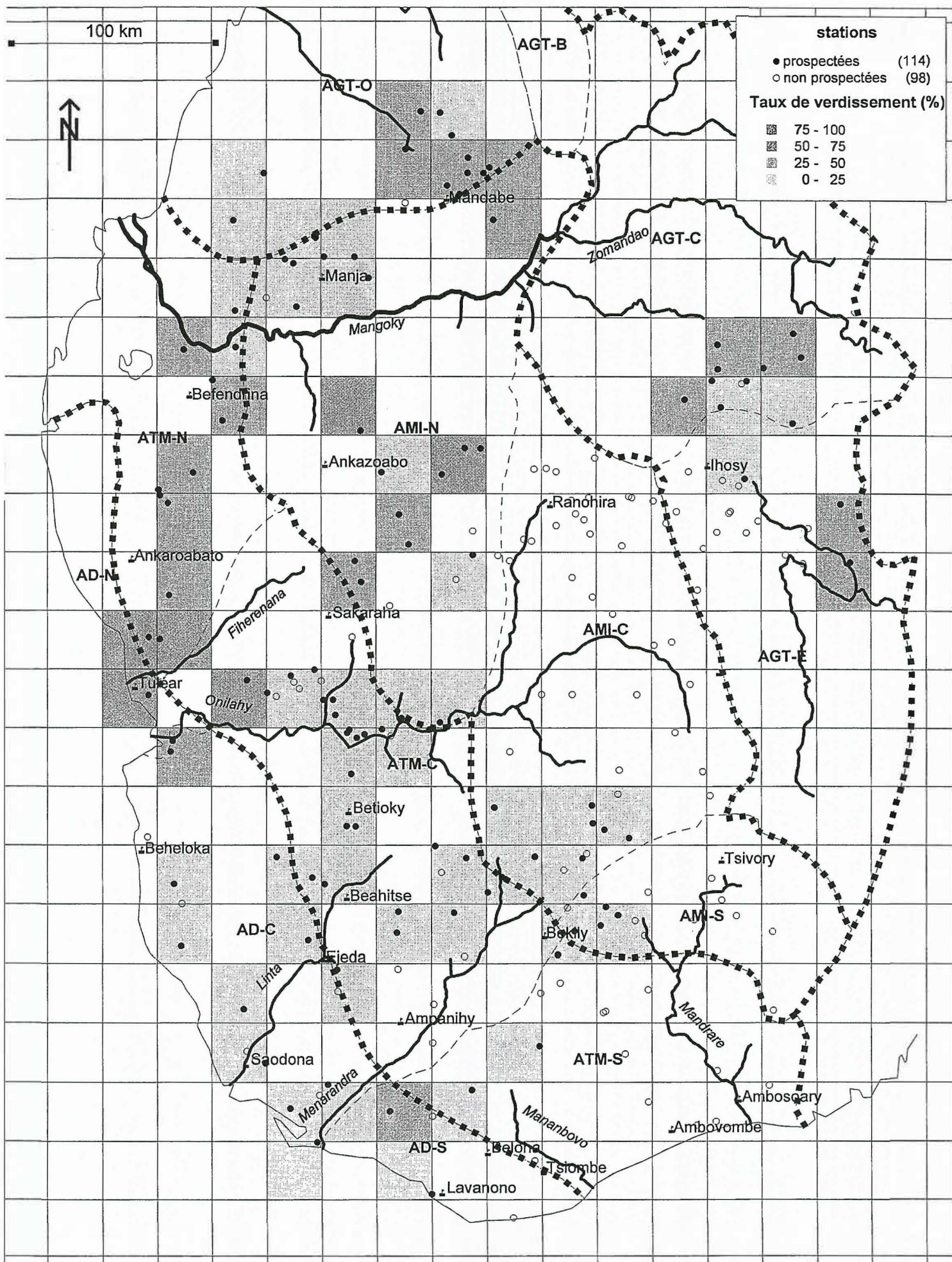
Verdissement de la strate herbeuse 1^{er} quinzaine de juillet 1999



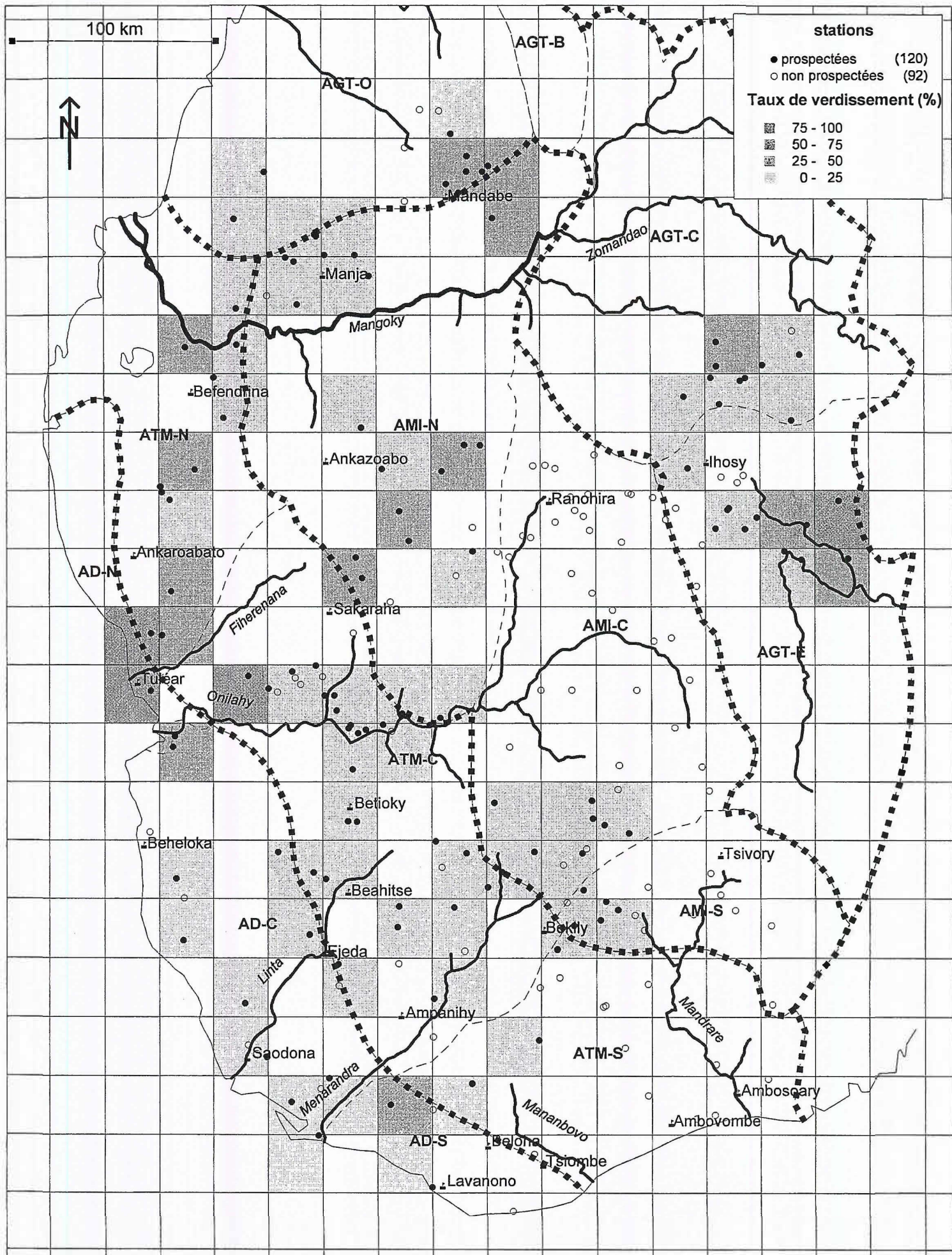
Verdissement de la strate herbeuse 2^e quinzaine de juillet 1999



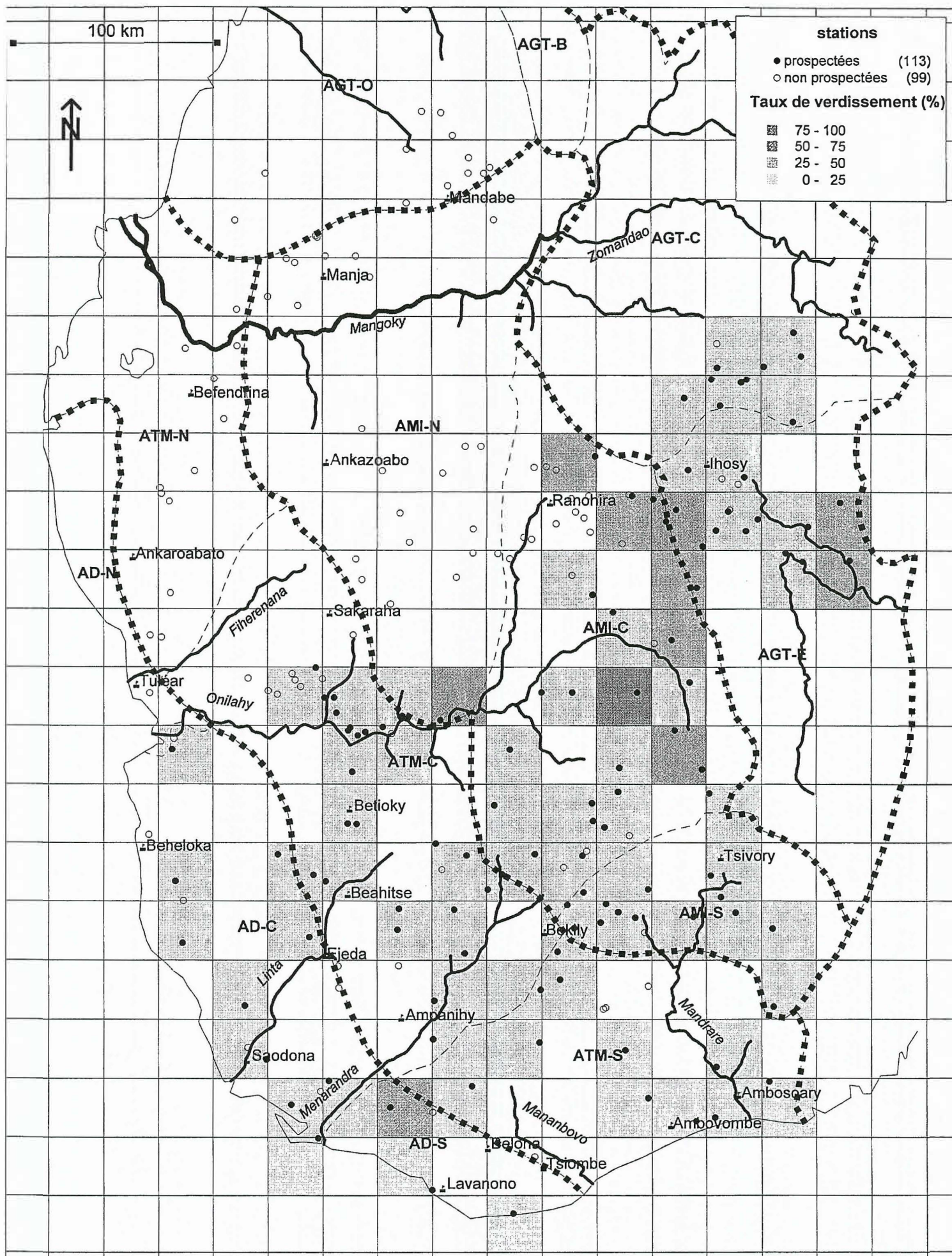
Verdissement de la strate herbeuse 1^{re} quinzaine d'août 1999



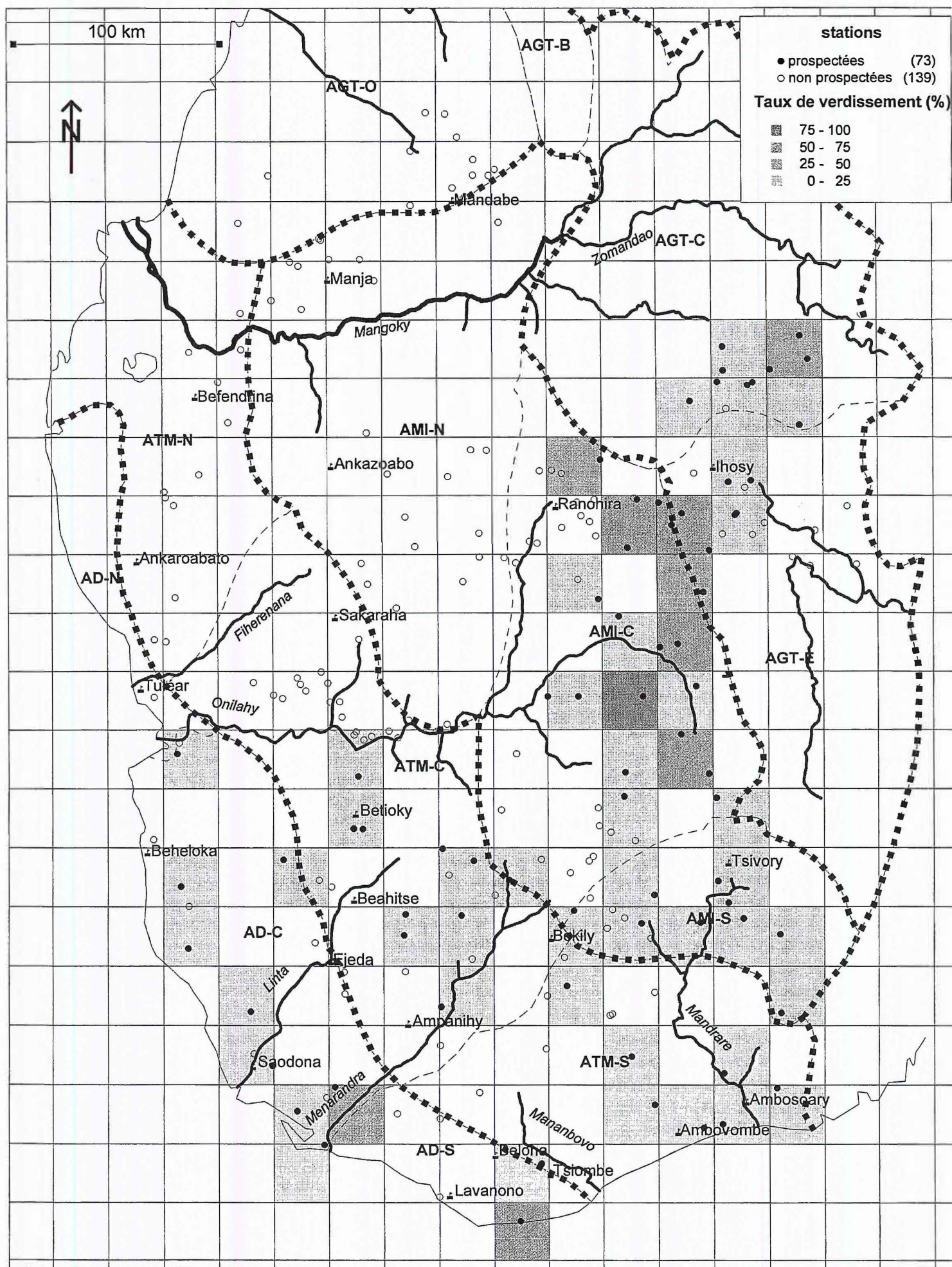
Verdissement de la strate herbeuse 2^e quinzaine d'août 1999



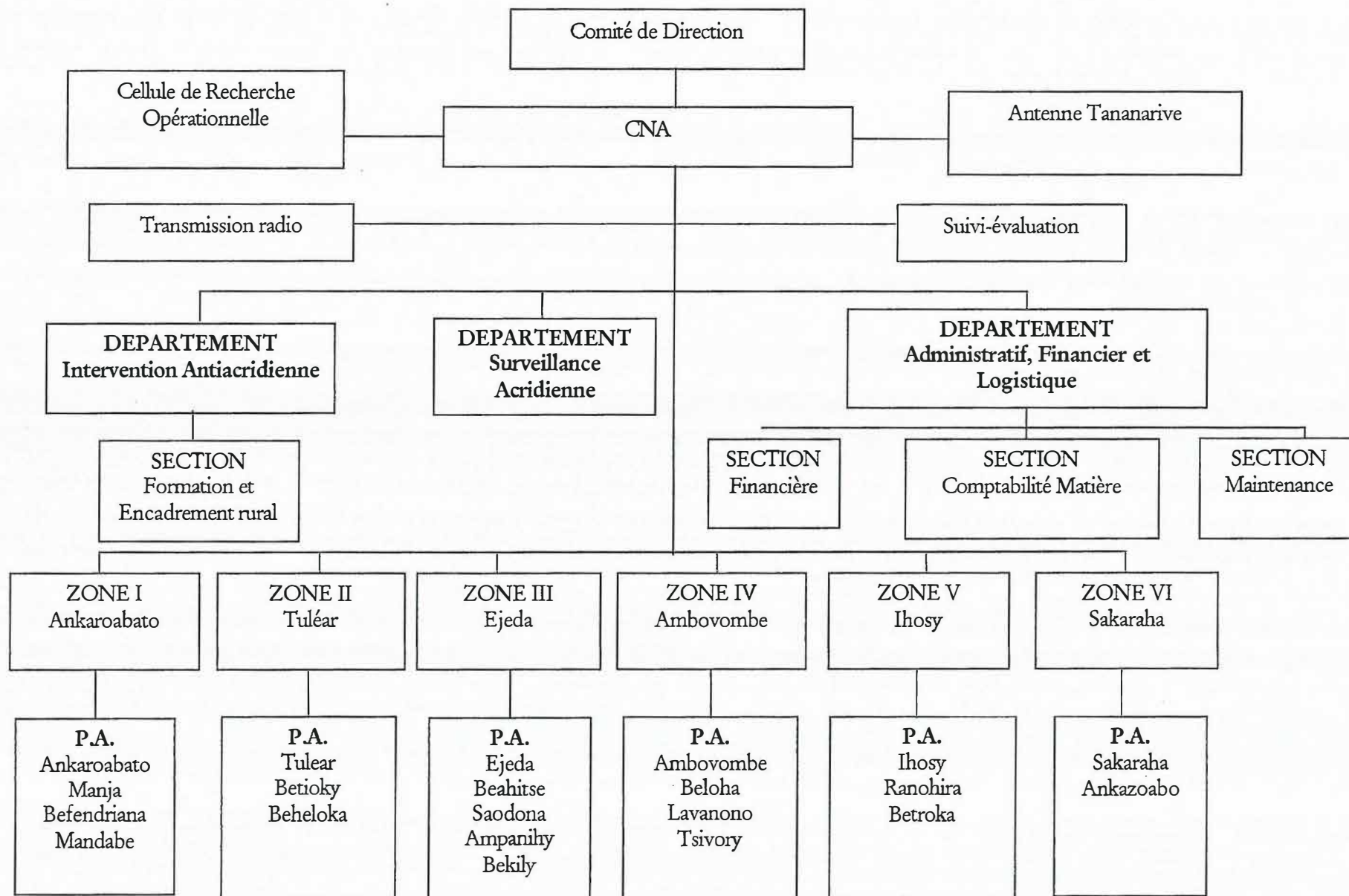
Verdissement de la strate herbeuse 1^{er} quinzaine de septembre 1999

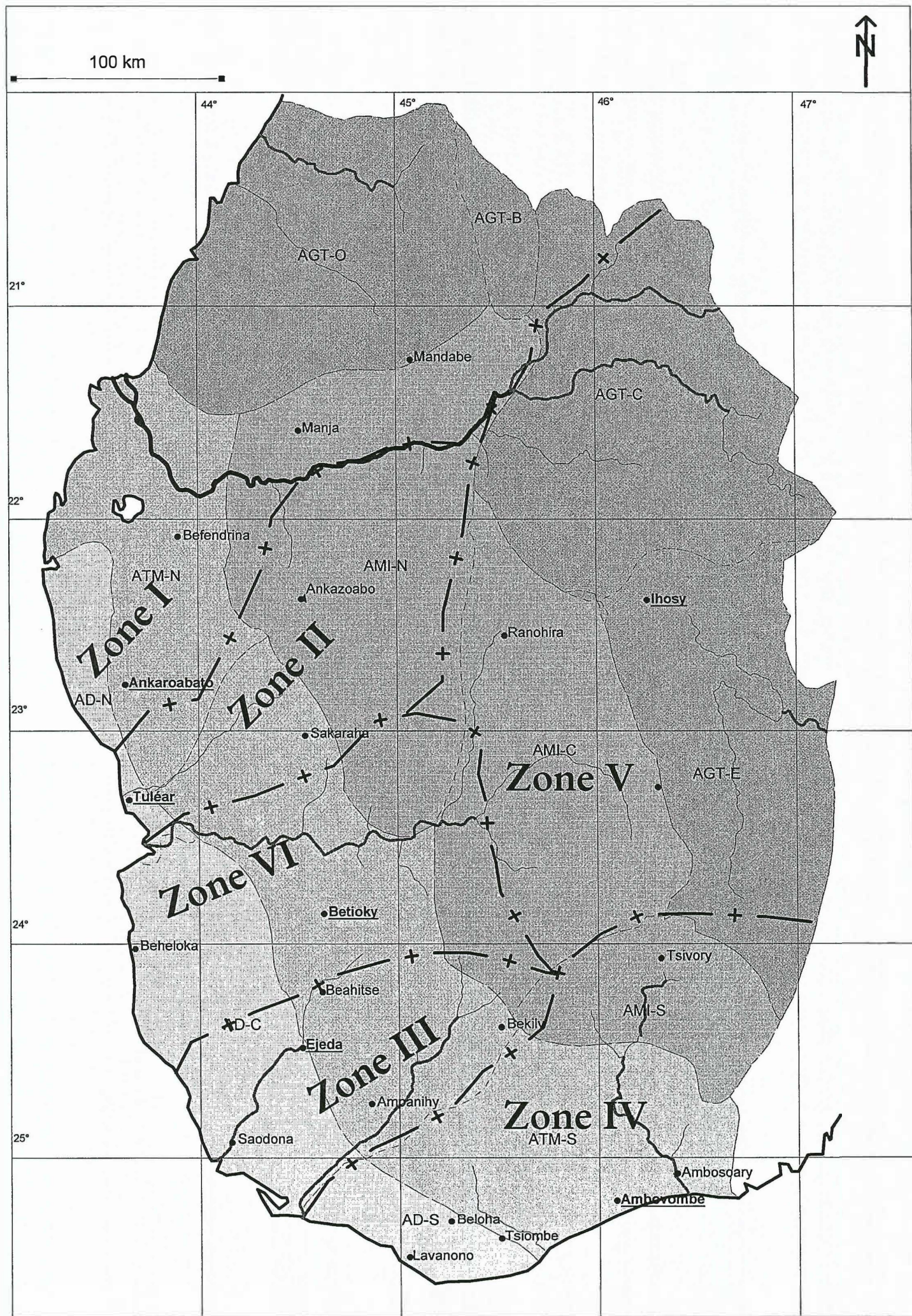


Verdissement de la strate herbeuse 2^e quinzaine de septembre 1999



Annexe 11 : Organigramme du CAB





Résumé

Madagascar vit sous la menace permanente des invasions du criquet migrateur malgache et, depuis peu, du Criquet nomade. Inoffensifs à l'état solitaire, ils deviennent des ravageurs de premier plan en phase grégaire, pouvant ravager toutes les cultures sur l'île de Madagascar. L'avertissement acridien contre ces locustes est né dans les années 70. Malheureusement la cellule de veille qui est à la base du dispositif d'avertissement s'est peu à peu dégradée. L'abandon de la surveillance a permis aux deux acridiens de pulluler en toute impunité depuis 1996. Une invasion généralisée à toute l'île a démarré en 1997. A l'heure où les efforts de lutte ont permis de diminuer l'ampleur du fléau, il convient de réfléchir à la réorganisation du nouveau Réseau Antiacridien Malgache. Des prospections suivies dans l'aire grégarigène du Criquet migrateur et l'analyse des données recueillies, mettent en lumière les carences du système aujourd'hui en place. Ces critiques permettent ensuite d'imaginer très concrètement un prochain système d'avertissement basé sur des prospections régulières et homogènes sur l'ensemble de l'aire grégarigène.

Références :

FRANC A., 1999.- *Restauration de la cellule de veille acridienne dans l'aire grégarigène du Criquet migrateur malgache.* - Mémoire de fin d'études du CNEARC : Montpellier (France) / SCAC : Tananarive.- 83 p., 12 annexes, 14 fig., 5 tab.

Mots clés :

MADAGASCAR, ACRIDOLOGIE, LOCUSTA_M.CAPITO, NOMADACRIS_SEPTEMFASCIATA, SUD-OUEST_MADAGASCAR, SURVEILLANCE_ACRIDIENNE, LUTTE_ANTIACRIDIENNE, FAC, DPV-MADAGASCAR,